

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. November 2004 (25.11.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/102273 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G03F 7/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/004004

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. April 2004 (16.04.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 21 598.0 13. Mai 2003 (13.05.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **CARL ZEISS SMT AG** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse
22, 73447 Oberkochen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHULTZ, Jörg**
[DE/DE]; Bohlstrasse 29, 73430 Aalen (DE).

(74) Anwalt: **SCHULTZ, Jörg**; Carl Zeiss Patentabteilung,
73446 Oberkochen (DE).

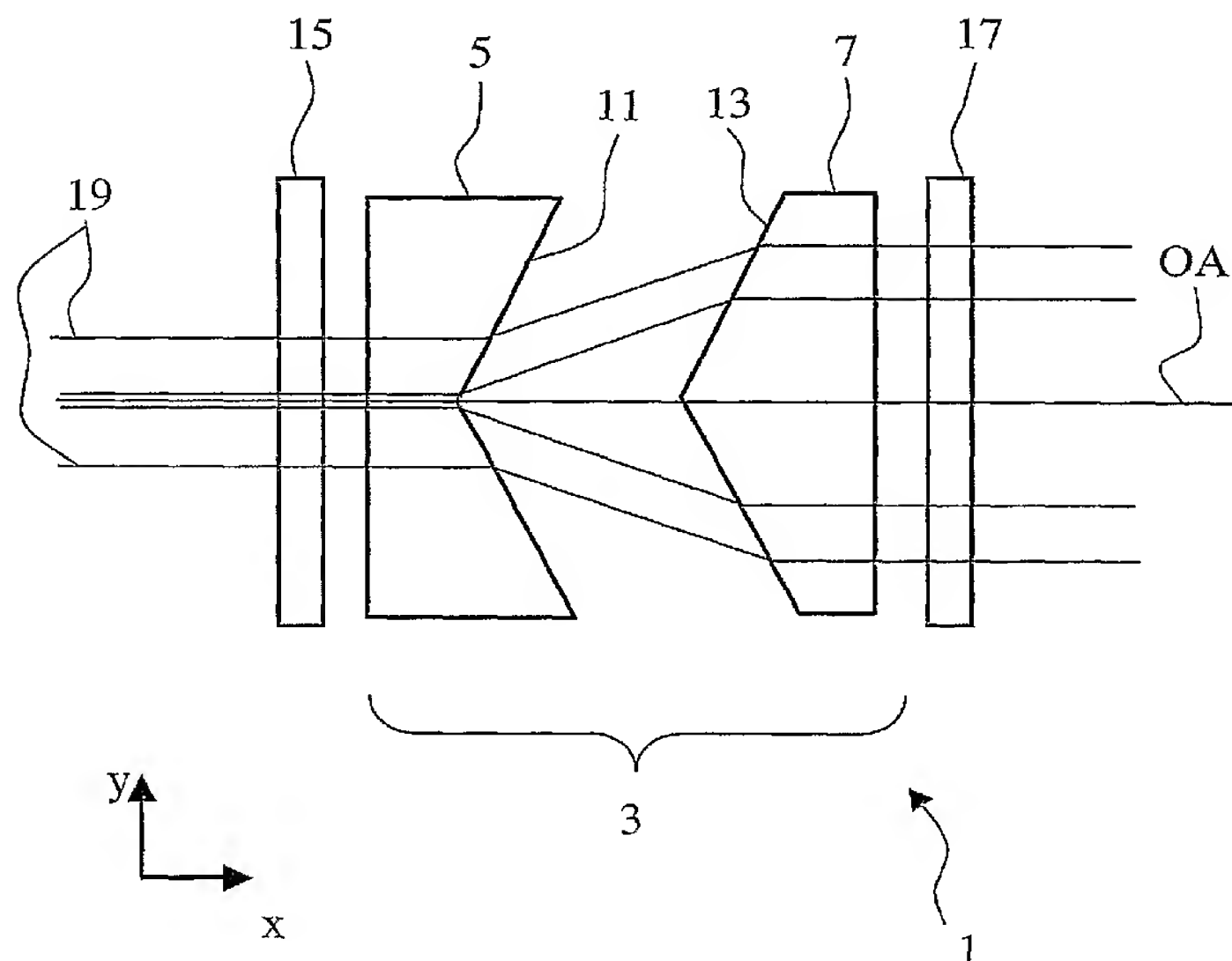
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LIGHTING SYSTEM COMPRISING AN AXICON MODULE

(54) Bezeichnung: BELEUCHTUNGSSYSTEM MIT AXIKON-MODUL



(57) Abstract: Disclosed is a lighting system (1) for a microlithographic projection exposure system, comprising an axicon module (3) for creating a lighting distribution having a central minimum intensity. The axicon module (3) is provided with a first axicon element (5) encompassing a first axicon surface (11), and a second axicon element (7) that is assigned to the first axicon element (5) and encompasses a second axicon surface (13). The inventive lighting system (1) also comprises a first polarization-influencing optical element (15) that is located upstream of the first axicon element (5) in the direction of the light and is designed such that beams (19) that hit the axicon surfaces (11, 13) are polarized approximately vertical or approximately parallel to the respective plane of incidence of the beams (19).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/102273 A2



EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Erklärung gemäß Regel 4.17:

- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Beleuchtungssystem (1) für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage mit einem Axikon-Modul (3) zur Erzeugung einer Beleuchtungsverteilung mit einem zentralen Intensitätsminimum. Das Axikon-Modul (3) weist ein erstes Axikonelement (5) mit einer ersten Axikonfläche (11) und ein dem ersten Axikonelement (5) zugeordnetes zweites Axikonelement (7) mit einer zweiten Axikonfläche (13) auf. Das Beleuchtungssystem (1) weist weiterhin ein erstes polarisationsbeeinflussendes optisches Element (15) auf, welches in Lichtrichtung vor dem ersten Axikonelement (5) angeordnet ist und derart aufgebaut ist, dass auf die Axikonflächen (11, 13) treffende Strahlen (19) annähernd senkrecht oder annähernd parallel zur jeweiligen Einfallsebene der Strahlen (19) polarisiert sind.

Beschreibung:

Beleuchtungssystem mit Axikon-Modul

- 5 Die Erfindung betrifft ein Beleuchtungssystem für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage mit einem Axikon-Modul.

Derartige Beleuchtungssysteme sind beispielsweise aus DE 44 21 053 (US 5,675,401) oder DE 195 20 563 (6,258,443) bekannt. Insbesondere die in DE 44 21 053 (US 5,675,401)

10 angegebenen Referenzen geben bekannte Axikon-Module in Beleuchtungssystemen an. Das Axikon-Modul weist dabei ein erstes Axikonelement mit einer ersten Axikonfläche und ein dem ersten Axikonelement zugeordnetes zweites Axikonelement mit einer zweiten Axikonfläche auf. Wenn die beiden Axikonflächen entlang einer optischen Achse mit Abstand angeordnet sind, erzeugt das Axikon-Modul eine Beleuchtungsverteilung mit

15 einem zentralen Intensitätsminimum. Das Axikon-Modul ist in dem Beleuchtungssystem in der Regel so angeordnet, dass die Austrittspupille des Beleuchtungssystems die Ausleuchtung mit dem zentralen Intensitätsminimum aufweist. Bei konischen Axikonflächen entsteht eine annulare Beleuchtung. Durch Verändern des Abstandes der beiden Axikonelemente kann der Durchmesser der annularen Beleuchtung geändert

20 werden. Werden die Axikonflächen jeweils aus einzelnen Segmenten gebildet, die pyramidal angeordnet sind, also sozusagen das Dach einer mehrseitigen Pyramide bilden, so wird eine Multipol-Beleuchtung erzeugt. Bei vier Segmenten entsteht die in der Lithographie häufig eingesetzte Quadrupol-Beleuchtung. Auch bei der Multipolbeleuchtung kann durch Verändern des Abstandes der beiden pyramidalen

25 Axikonelemente der Abstand der beleuchteten Bereiche von der optischen Achse verändert werden. Durch Variieren der Beleuchtungsverteilung in der Austrittspupille eines Beleuchtungssystems für Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlagen kann die lithographische Übertragung einer Maskenstruktur auf das zu belichtende Substrat optimiert werden. Die beiden Axikonflächen der einander zugeordneten Axikonelemente

30 sind in der Regel konkav- konvex oder konvex-konvex.

Aus EP 0 949 541 sind auch hintereinander angeordnete Paare von Axikonelementen mit konischen und mit pyramidalen Axikonflächen bekannt. Der Abstand der Axikonelemente ist dabei jeweils veränderbar.

5

Aus DE 195 35 392 (US 6,191,880) ist ein Beleuchtungssystem für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage mit einem Axikon-Modul bekannt. Desweiteren weist das Beleuchtungssystem ein polarisationsbeeinflussendes optisches Element auf, um Strahlen radial zur optischen Achse des Beleuchtungssystems zu polarisieren. Das polarisationsbeeinflussende optische Element ist jedoch in dem in Figur 5 dargestellten Ausführungsbeispiel erst nach dem Axikon-Modul angeordnet. Damit treffen die Strahlen mit dem von der Lichtquelle vorgegebenen Polarisationszustand auf die Axikonflächen. In der Regel erzeugen die in der Mikrolithographie bei DUV-Wellenlängen eingesetzten Laser linear polarisiertes Licht. Gemäß DE 195 35 392 ist das polarisationsbeeinflussende optische Element vorzugsweise erst nach dem letzten asymmetrischen Element wie beispielsweise Umlenkspiegel oder Polarisationsstrahlteilerschichten angeordnet. Andernfalls geht die radiale Polarisation wieder verloren, die für die optimale Einkopplung der Strahlen in den Resist des Wafers gewünscht wird.

20

Aus DE 100 10 131 (US 2001/0019404) ist ein ähnliches Beleuchtungssystem wie aus DE 195 35 392 (US 6,191,880) bekannt. Das polarisationsbeeinflussende optische Element ist auch in diesem Fall erst nach dem Axikon-Modul angeordnet. Damit treffen auch im Beleuchtungssystem der DE 100 10 131 die Strahlen mit dem von der Lichtquelle vorgegebenen Polarisationszustand auf die Axikonflächen. Das polarisationsbeeinflussende optische Element erzeugt in der DE 100 10 131 tangentielle Polarisation. Durch die tangentielle Polarisation der Strahlen wird die Zweistrahlinterferenz bei der Bildentstehung verbessert. Gemäß der Offenbarung in DE 100 10 131 ist es erforderlich, dass das polarisationsbeeinflussende optische Element erst nach dem letzten asymmetrischen

25

Element wie beispielsweise Umlenkspiegel oder Polarisationsstrahlteilerschichten angeordnet ist. Andernfalls geht die tangentielle Polarisierung wieder verloren.

Die in Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlagen verwendeten Lichtquellen
5 erzeugen in der Regel linear polarisiertes oder unpolarisiertes Licht. Dieses trifft dann auf die Axikonflächen des Axikon-Moduls. Die Axikonflächen weisen bezüglich der optischen Achse geneigte optische Flächen auf. Dadurch entstehen an den Axikonflächen vom Polarisationszustand der Strahlen abhängige Reflexionsverluste, wie im folgenden erläutert wird. Die Polarisationskomponente, deren elektrischer Vektor parallel zur Einfallsebene
10 eines Strahls schwingt, wird im folgenden als p-Komponente bezeichnet. Entsprechend wird die Polarisationskomponente, deren elektrischer E-Feld-Vektor senkrecht zur Einfallsebene eines Strahls schwingt, im folgenden als s-Komponente bezeichnet. Es wird ein Axikon-Modul betrachtet, das entlang einer in z-Richtung verlaufenden optischen Achse angeordnet ist. Die Axikonflächen bestehen aus jeweils vier Segmenten einer
15 Pyramidenstruktur, die unter dem Brewsterwinkel geneigt sind. Die Pyramidenstruktur ist in x-y-Richtung ausgerichtet. Die Axikonflächen sollen keine Antireflex-Beschichtung aufweisen. Die einfallenden Strahlen seien in y-Richtung linear polarisiert. Die Strahlen werden nun an den Axikonflächen entsprechend den Fresnelschen Formeln polarisationsabhängig reflektiert, bzw. gebrochen. Die p-polarisierten Strahlen werden an
20 den in positiver und negativer y-Richtung angeordneten Segmenten der Axikonflächen ohne Reflexionsverluste gebrochen, während die s-polarisierten Strahlen an den in positiver und negativer x-Richtung angeordneten Segmenten der Axikonflächen Reflexionsverluste erleiden. Dies führt dazu, dass nach dem Axikon-Modul die entlang der y-Achse auftreffenden Strahlen eine höhere Intensität aufweisen als die entlang der x-
25 Achse auftreffenden Strahlen. Die Intensitätsverteilung ist somit nach dem Axikon-Modul ungleichmäßig und in den entlang der y-Achsen angeordneten Quadranten größer als in den entlang der x-Achse angeordneten Quadranten. Damit weisen die einzelnen beleuchteten Bereiche unterschiedlich große Gesamtintensitäten auf. Aber auch mit einer geeigneten Antireflex-Beschichtung oder mit einer Anpassung des Neigungswinkels der
30 Axikonflächen entsteht aufgrund der polarisationsabhängigen Brechung/Reflektion eine

ungleichmäßige Intensitätsverteilung. Dadurch werden beim Lithographie-Prozess Strukturen abhängig von ihrer Orientierung unterschiedlich abgebildet. Bei konischen Axikonflächen wird zudem auch der Polarisationszustand für Strahlen geändert, die nicht entlang der x- und der y-Achse auf die Axikonflächen treffen. Die Änderung des linearen
5 Polarisationszustandes eines Strahles kann zu weiteren Verlusten an nachfolgenden Umlenkspiegeln oder polarisationsabhängigen Strahlteilerschichten führen.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Beleuchtungssystem anzugeben, bei dem die Strahlen mit minimalen Intensitätsverlusten durch das Axikon-Modul treten.

10 Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Beleuchtungssystem gemäß Anspruch 1.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen der abhängigen Ansprüche.

15 Um die Reflektionsverluste an den Axikonflächen so gering wie möglich zu halten und Polarisationseffekte weitgehend zu minimieren, ist deshalb das polarisationsbeeinflussende optische Element in Lichtrichtung vor dem Axikon-Modul angeordnet. Das polarisationsbeeinflussende optische Element ist dabei derart aufgebaut, dass die Strahlen
20 annähernd senkrecht oder parallel zur Einfallsebene der Strahlen bezüglich der Axikonflächen polarisiert sind. Die Einfallsebene eines Strahls wird dabei durch den Strahl und die Flächennormale am Auftreffpunkt des Strahls auf der Axikonfläche aufgespannt. Durch diese Anpassung des Polarisationszustandes wird erreicht, dass alle Strahlen näherungsweise ohne Änderung des Polarisationszustandes an den Axikonflächen
25 gebrochen werden. Sofern Reflexionsverluste auftreten, sind diese für alle Strahlen gleich groß. Verschiedene polarisationsbeeinflussende optische Elemente, um den Polarisationszustand eines Strahls geeignet anzupassen, sind aus DE 195 35 392 (US 6,191,880) oder DE 101 24 803 (US 2002/176166) bekannt, deren Offenbarungsgehalt bezüglich des Aufbaus von polarisationsbeeinflussenden optischen Elementen
30 vollumfänglich in die vorliegende Anmeldung mit aufgenommen wird.

Als erstes polarisationsbeeinflussendes optisches Element zur Erzeugung einer radialen
Polarisationsverteilung kann die in DE 195 35 392 offenbarte Rasteranordnung mit
Halbwellenplatten ($\lambda/2$ -Platte), der Reflexionspolarisator mit kegelstumpfmantel-förmigen
5 polarisierender Fläche oder eine Kombination einer unter radialer Druckspannung
stehenden Spannungsdoppelbrechungs-Viertelwellenlängenplatte und einer zirkular
doppelbrechenden um 45° drehenden Platte zum Einsatz kommen.

Weitere Ausführungsformen für das erste polarisationsbeeinflussende optische Element
10 können DE 101 24 803 (US 2002/176166) entnommen werden. Das erste
polarisationsbeeinflussende optische Element besteht dabei beispielsweise aus einer
planparallelen Platte aus anisotropem, optisch einachsigen Kristall, dessen Kristallachse im
wesentlichen senkrecht zu den planparallelen Plattenoberflächen steht. Auf der
Eintrittsseite und der Austrittsseite der Platte sind einander zugeordnete , ablenkende
15 Strukturen mit aufeinander abgestimmten Ablenkeigenschaften ausgebildet. Durch die
Orientierung und den Aufbau der ablenkenden Strukturen werden die Winkel vorgegeben,
unter denen die einfallenden Strahlen durch den doppelbrechenden Kristall laufen. Dabei
erleiden die senkrecht aufeinanderstehenden Polarisationskomponenten eines Strahles
einen optischen Wegunterschied. Dadurch lässt sich der Polarisationszustand der auf die
20 einzelnen Strukturen treffenden Strahlen gezielt beeinflussen. Durch die parallele
Anordnung einer Vielzahl von Strukturen lassen sich beliebige Polarisationsverteilungen
erzeugen. Alternativ kann das polarisationsbeeinflussende optische Element aus einer
Rasteranordnung von doppelbrechenden Elementen aus anisotropem Kristall bestehen. Die
Kristallachsen der einzelnen Elemente sind dabei windschief zur optischen Achse
25 angeordnet. Durch die Orientierung der Kristallachsen kann individuell der
Polarisationszustand der Strahlen innerhalb der einzelnen Elemente gezielt beeinflusst
werden.

Zwischen dem ersten polarisationsbeeinflussenden optischen Element und dem ersten Axikonelement können auch weitere optische Elemente angeordnet sein, sofern diese den Polarisationszustand der Strahlen weitgehend unbeeinflusst lassen.

- 5 Bei konischen Axikonflächen zur Erzeugung einer annularen Beleuchtungsverteilung ist es günstig, wenn die Strahlen radial oder tangential polarisiert sind, wenn sie auf die Axikonflächen treffen. Dadurch sind die Strahlen immer parallel oder senkrecht zur Einfallsebene der Strahlen polarisiert. Die radiale Polarisation hat im Vergleich zur tangentialen Polarisation den Vorteil, dass die Strahlen auch ohne Antireflexbeschichtung
10 der Axikonflächen zu nahezu 100% gebrochen werden, wenn die Strahlen unter dem Brewsterwinkel auf die Axikonflächen treffen. Bei tangentialer Polarisation ist eine geeignete Antireflex-Beschichtung von Vorteil.

- Zur Erzeugung einer Multipol-Beleuchtung bestehen die Axikonflächen aus mehreren in
15 der Regel planen Segmenten, die pyramidal angeordnet sind. Die Zahl der Segmente entspricht dabei der Anzahl der Pole, beziehungsweise der beleuchteten Bereiche. Auf Grund der Pyramidenform sind die Segmente jeweils um senkrecht zur optischen Achse stehenden Kippachsen geneigt. Die Richtung des maximalen Flächengradienten jedes Segments verläuft dabei in der Regel durch die Pyramidenspitze und die Mitte des
20 jeweiligen Segments. Würde man auf der pyramidalen Axikonfläche Höhenlinien einzeichnen, so würde die Richtung des maximalen Flächengradienten senkrecht zu den Höhenlinien verlaufen. Es ist günstig, wenn die Strahlen entweder parallel oder senkrecht zu einer Ebene linear polarisiert sind, die senkrecht auf der jeweiligen Segmentfläche steht und die Richtung des maximalen Flächengradienten enthält. Sind die Strahlen parallel zu
25 dieser Ebene linear polarisiert, so ergibt sich selbst bei mangelhafter Antireflex-Beschichtung der Axikonflächen dennoch eine nahezu 100%-Transmission, wenn die Strahlen unter dem Brewsterwinkel auf die einzelnen Segmente treffen. Sind die Strahlen parallel zu dieser Ebene linear polarisiert, so sollten die Axikonflächen zusätzlich mit einer geeigneten Antireflex-Beschichtung beschichtet sein.

Ein Axikon-Modul kann gleichzeitig Axikonelemente mit konischen und pyramidalen Axikonflächen aufweisen, die in Reihe geschaltet sind. Zur Veränderung der Beleuchtungsverteilung nach dem Axikon-Modul ist es günstig, wenn der Abstand der Axikonelemente entlang der optischen Achse durch Verschieben oder Tausch der
5 Axikonelemente veränderbar ist.

Rasteranordnungen aus Halbwellenplatten, deren Hauptachsen geeignet orientiert sind, sind besonders günstig als polarisationsbeeinflussende optische Elemente, da sie den Polarisationszustand nahezu verlustfrei verändern und platzsparend angeordnet werden
10 können. Sind die auf die Rasteranordnung auftreffenden Strahlen linear polarisiert, so sollten die Hauptachsen in Richtung der Winkelhalbierenden zwischen der Polarisationsrichtung der einfallenden Strahlen und der gewünschten Polarisationsrichtung der austretenden Strahlen orientiert sein. Bei konischen Axikonflächen ist es günstig, wenn die Zahl der Rasterelemente groß ist, beispielsweise 10 bis 10^2 . Dadurch lässt sich die
15 radiale oder tangential Polarisierung mit ausreichender Genauigkeit einstellen. Die Rasterelemente können dabei hexagonal sein oder einer fächerartige Sektoreneinteilung aufweisen. Bei pyramidalen Axikonflächen kann die Zahl der Rasterelemente der Zahl der Segmente entsprechen. Bei einer Axikonfläche mit vier Segmenten zur Erzeugung einer Quadrupol-Beleuchtung ist somit eine Rasteranordnung mit vier Halbwellenplatten
20 ausreichend. Dies liegt daran, dass bei pyramidalen Axikonflächen die Einfallsebenen für ein Segment parallel verlaufen und somit für alle Strahlen, die auf ein Segment treffen, die gleiche Polarisationsbeeinflussung erforderlich ist. Somit lassen sich gerade bei pyramidalen Axikonflächen Strahlen, welche parallel zu einer Richtung linear polarisiert sind, mit wenigen Halbwellenplatten in Strahlen umwandeln, welche dann mit dem
25 erfindungsgemäßen Polarisationszustand auf die nachfolgenden Segmente treffen.

Die Rasteranordnung aus Halbwellenplatten hat den weiteren Vorteil, dass sie sich optisch nahtlos an das Axikonelement fügen, insbesondere ansprengen lässt. Dadurch entfallen verlustreiche Grenzflächen. Da Halbwellenplatten, wenn sie beispielsweise aus
30 Magnesium-Fluorid sind und in nullter Ordnung betrieben werden sollen, sehr dünn sind,

können sie durch das Ansprengen stabilisiert werden. Als Material für die Halbwellenplatten kann aber auch in $\langle 110 \rangle$ -Kristallrichtung orientiertes Kalzium-Fluorid eingesetzt werden.

- 5 Die Rasteranordnung aus Halbwellenplatten arbeitet dann besonders effektiv, wenn die Strahlen vor der Rasteranordnung parallel zu einer Richtung linear polarisiert sind, welche senkrecht auf der optischen Achse des Beleuchtungssystems steht. Dann müssen die geeignet orientierten Halbwellenplatten nur den Polarisationszustand in die gewünschte Richtung drehen. Dies erfolgt dabei nahezu intensitätsverlustfrei. Die in
- 10 Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlagen oftmals eingesetzten Laser-Lichtquellen erzeugen bereits weitgehend linear polarisiertes Licht. Unpolarisiertes Licht kann mit Polarisationsfiltern geeignet linear polarisiert werden. Bei zirkular polarisierten Strahlen sollte vor der Rasteranordnung aus Halbwellenplatten eine geeignet orientierte Viertelwellenplatte ($\lambda/4$ -Platte) angeordnet sein.

15

- Für bestimmte Anwendungen ist es vorteilhaft, wenn nach dem Axikon-Modul ein weiteres polarisationsbeeinflussendes optisches Element folgt, welches eine vorgegebene Polarisationsverteilung erzeugt. Diese Polarisationsverteilung ist dabei an die polarisationsoptischen Eigenschaften der nachfolgenden optischen Elemente angepasst. So
- 20 ist es beispielsweise bei nachfolgenden planen Umlenkspiegeln oder Umlenkprismen günstig, wenn die Strahlen jeweils zu einer zu einer optischen Achse senkrecht stehenden Richtung linear polarisiert sind. Optimal ist es, den Polarisationszustand der Strahlen parallel zur jeweiligen Einfallsebene zu ändern. Bei nachfolgenden polarisationsoptischen Strahlteilerschichten sollten die Strahlen ebenfalls parallel zu einer Vorzugsrichtung linear
- 25 polarisiert sein. Zur Optimierung der Zweistrahlinterferenz ist es günstig, wenn die Strahlen tangential zur optischen Achse polarisiert sind. Bei Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlagen ist es aber auch günstig, wenn die Strahlen zirkular polarisiert auf die abzubildende Struktur treffen. Mit dem zweiten polarisationsbeeinflussenden optischen Element lässt sich erreichen, dass die Strahlen

jeweils einen für die Effizienz und die optischen Eigenschaften des Systems optimalen Polarisationszustand aufweisen.

5 Auch für das zweite polarisationsbeeinflussende optische Element können Elemente eingesetzt werden, wie sie aus DE 195 35 392 (US 6,191,880) oder DE 101 24 803 (US 2002/176166) bekannt sind. Besonders günstig ist eine Rasteranordnung aus Halbwellenplatten, deren Hauptachsen geeignet orientiert sind. Soll mit dem zweiten polarisationsbeeinflussenden optischen Element eine zirkulare Polarisationsverteilung erzeugt werden, so ist kann dies durch Anordnung einer Viertelwellenplatte nach der
10 Rasteranordnung mit Halbwellenplatten erreicht werden.

Diese Rasteranordnung kann dann vorteilhafterweise optisch nahtlos an das zweite Axikonelement gefügt, insbesondere angesprengt sein.

15 Zwischen dem zweiten Axikonelement und dem zweiten polarisationsbeeinflussenden optischen Element können auch weitere optische Elemente angeordnet sein, sofern diese den Polarisationszustand der Strahlen weitgehend unbeeinflusst lassen.

Die beiden polarisationsbeeinflussenden Elemente können auch so angeordnet und
20 ausgestaltet sein, dass jeder Strahl nach dem zweiten polarisationsbeeinflussenden Element annähernd den gleichen Polarisationszustand aufweist wie der gleiche Strahl vor dem ersten polarisationsbeeinflussenden Element aufgewiesen hat. Damit erreicht man, dass bei gleichzeitig hoher Transmissionseffizienz der Polarisationszustand der Strahlen durch das Axikon-Modul nicht beeinflusst wird. Somit sind polarisationserhaltende
25 Beleuchtungssysteme auch bei der Verwendung von Axikon-Modulen möglich.

Derartige Beleuchtungssysteme lassen sich vorteilhaft in Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlagen einsetzen, die ausgehend von der Lichtquelle ein erfindungsgemäßes Beleuchtungssystem, ein Masken-Positioniersystem, eine Struktur

tragende Maske, ein Projektionsobjektiv, ein Objekt-Positionierungssystem und ein Licht empfindliches Substrat umfassen.

Mit dieser Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage lassen sich mikrostrukturierte
5 Halbleiter-Bauelemente herstellen.

Näher erläutert wird die Erfindung anhand der Zeichnungen.

Figur 1 zeigt in einer schematischen Darstellung ein Beleuchtungssystem mit einem
10 Axikon-Modul mit auseinandergeschobenen Axikonelementen;
Figur 2 zeigt in einer schematischen Darstellung das Beleuchtungssystem der Figur 1 mit
zusammengeschobenen Axikonelementen;
Figur 3 zeigt in einer schematischen Darstellung die Polarisationsverteilung eines
Strahlenbüschels;
15 Figur 4 zeigt in einer schematischen Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel für ein
polarisationsbeeinflussendes optisches Element;
Figur 5 zeigt in einer schematischen Darstellung die Polarisationsverteilung für ein
Strahlenbüschel nach dem polarisationsbeeinflussenden optischen Element der Figur 4;
Figur 6 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel für ein Beleuchtungssystem mit einem Zoom
20 Axikon-Modul;
Figur 7 zeigt in einer schematischen Darstellung ein zweites Ausführungsbeispiel für ein
polarisationsbeeinflussendes optisches Element;
Figur 8 zeigt in einer schematischen Darstellung die Polarisationsverteilung für ein
Strahlenbüschel nach dem polarisationsbeeinflussenden optischen Element der Figur 7;
25 Figur 9 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel für ein Beleuchtungssystem mit einem
Axikon-Modul;
Figur 10 zeigt in einer schematischen Darstellung ein drittes Ausführungsbeispiel für ein
polarisationsbeeinflussendes optisches Element; und
Figur 11 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Mikrolithographie-
30 Projektionsbelichtungsanlage.

Figur 1 zeigt von dem Beleuchtungssystem 1 das Axikon-Modul 3 und die beiden polarisationsbeeinflussenden Elemente 15 und 17. Das Beleuchtungssystem 1 weist in der Regel noch weitere optische Elemente auf, die im Zusammenhang mit Figur 11 beschrieben werden. Das Axikon-Modul 3 besteht aus den beiden Axikonelementen 5 und 7, welche die Axikonflächen 11 und 13 aufweisen. Die Axikonfläche 11 ist konkav und wirkt dabei zerstreuernd auf die Strahlen 19, während die Axikonfläche 13 konvex ist und auf die Strahlen 19 sammelnd wirkt. Die Axikonflächen 11 und 13 haben im Ausführungsbeispiel der Figur 1 eine konische Flächenform. Durch den Abstand der beiden Axikonelemente 5 und 7 entlang der optischen Achse OA entsteht nach dem Axikon-Modul 3 eine anulare Beleuchtungsverteilung. Die optischen Flächen des Axikon-Moduls sind so ausgelegt, dass zur optischen Achse parallele Strahlen 19 nach dem Axikon-Modul 3 wieder parallel zur optischen Achse verlaufen. Die gegenüber den Axikonflächen 11 und 13 angeordneten Flächen der Axikonelemente 5 und 7 sind plan. Sie können jedoch auch gekrümmt sein, wie dies bei dem Axikon-Modul in DE 44 21 053 der Fall ist. Der Neigungswinkel der beiden Axikonflächen 11 und 13 zur optischen Achse OA beträgt 60° . Die Axikonelemente 5 und 7 bestehen aus Kalzium-Fluorid in $\langle 100 \rangle$ - oder $\langle 111 \rangle$ -Orientierung, welches bei einer Wellenlänge von 157nm eine Brechzahl von 1,55 aufweist. Somit beträgt der Brewsterwinkel $57,2^\circ$. Die Strahlen 19 fallen somit nahezu unter dem Brewsterwinkel auf die Axikonflächen 11 und 13.

Vor dem Axikon-Modul 3 ist das polarisationsbeeinflussende optische Element 15, nach dem Axikon-Modul 3 das polarisationsbeeinflussende optische Element 17 angeordnet. Deren Funktionsweise wird im Zusammenhang mit den Figuren 3 bis 5 näher erläutert.

Figur 2 zeigt das Beleuchtungssystem 1 der Figur 1 in einem anderen Zustand. In Figur 2 weisen die beiden Axikonelemente 5 und 7 einen minimalen Abstand auf. Das Axikon-Modul 3 wirkt dadurch annähernd wie eine planparallele Platte und lässt den Verlauf der Strahlen 19 nahezu unbeeinflusst. Durch das Verschieben der beiden Axikonelemente 5 und 7 entlang der optischen Achse OA kann zwischen einer konventionellen kreisrunden

Beleuchtung, wie sie im Zustand der Figur 2 erzeugt wird und einer anularen Beleuchtung, wie sie mit dem Zustand der Figur 1 erzeugt wird, gewählt werden.

Die Strahlen 19, welche auf das polarisationsbeeinflussende optische Element 15 treffen,
5 sind in y-Richtung linear polarisiert. Dies ist in Figur 3 dargestellt. Innerhalb der Büschelausdehnung 321 weisen die E-Feld-Vektoren 323 der dargestellten Strahlen alle in y-Richtung. Diese Polarisationsverteilung ergibt sich typischerweise, wenn eine Laser-Lichtquelle zur Erzeugung der Strahlen verwendet wird.

10 Das polarisationsbeeinflussende optische Element 15 ist nun so aufgebaut und angeordnet, dass die Strahlen 19 nach Durchtritt des polarisationsbeeinflussenden optischen Elements 15 radial zur optischen Achse OA polarisiert sind. Als polarisationsoptisches Element 15 kann beispielsweise eine Rasterplatte aus Halbwellenplatten eingesetzt werden, wie sie in Figur 1a der DE 195 35 392 dargestellt ist. Eine weitere Ausführungsform des
15 polarisationsoptischen Elements 15 ist in Figur 4 dargestellt. Das polarisationsoptische Element 15 besteht dabei aus der Rasterplatte 425 mit einzelnen Halbwellenplatten 427. Die Hauptachsen 429 der Halbwellenplatten 427 sind dabei so orientiert, dass sie in Richtung der Winkelhalbierenden zwischen der ursprünglichen in y-Richtung orientierten Polarisationsrichtung und der jeweiligen radial zur optischen Achse orientierten
20 Polarisationsrichtung weisen.

In Figur 4 besteht die Rasteranordnung 425 aus 12 Halbwellenplatten 427.

Selbstverständlich kann die Anzahl der einzelnen Halbwellenplatten 427 auch erhöht werden, um die radiale Polarisationsverteilung möglichst gut einstellen zu können. Als

25 Material für die Halbwellenplatte kann Kalziumfluorid in $\langle 110 \rangle$ -Orientierung eingesetzt werden. Bei einer intrinsischen Doppelbrechung von 10nm/cm bei einer Wellenlänge von 157nm ist somit die Halbwellenplatte 78,5mm dick. Eine entsprechende Halbwellenplatte nullter Ordnung für 157 nm aus Magnesiumfluorid hat lediglich eine Dicke von nur 11 μm . Jedoch kann im vorliegenden Fall die Halbwellenplatte auf Grund der geringen

Winkelvarianz auch in höherer Ordnung betrieben werden. In zwanzigster Ordnung hat die Halbwellenplatte dann eine Dicke von ca. 0,44 mm.

Figur 5 zeigt nun die Polarisationsverteilung, welche die Strahlen 19 nach dem polarisationsoptischen Element 15 aufweisen. Innerhalb des Strahlenbüschels 521 sind die E-Feld-Vektoren 523 radial zur optischen Achse OA orientiert. Dadurch erreicht man, dass die E-Feld-Vektoren jeweils parallel zur Einfallsebene der Strahlen 19 auf den konischen Axikonflächen 11 und 13 im Axikon-Modul 3 der Figur 1 orientiert sind. Somit ergeben sich an den Axikonflächen 11 und 13 minimale Reflektionsverluste. Weiterhin wird der Polarisationszustand bei der Brechung an den beiden Axikonflächen 11 und 13 nicht verändert. Ohne das polarisationsbeeinflussende optische Element 15 würden die Lichtstrahlen 19 linear polarisiert auf die Axikonflächen 11 und 13 treffen. Je nach Orientierung des E-Feld-Vektors zur Einfallsebene des jeweiligen Strahls würden dadurch Reflektionsverluste auftreten und der Polarisationszustand verändert werden.

Um nach dem Axikon-Modul 3 wieder die ursprüngliche lineare Polarisationsverteilung herzustellen, ist nach dem Axikon-Modul 3 ein weiteres polarisationsbeeinflussendes Element 17 angeordnet. Dieses ist derart angeordnet und aufgebaut, dass die radiale Polarisationsverteilung in eine lineare Polarisationsverteilung umgewandelt wird. Damit die E-Feld-Vektoren der Strahlen 19 wieder in y-Richtung weisen, ist das polarisationsbeeinflussende optische Element 17 gleich aufgebaut wie das polarisationsbeeinflussende Element 15. Es besteht beispielweise wiederum aus einer Rasteranordnung von Halbwellenplatten, wie sie in Figur 1a der DE 195 35 392 Anmeldung dargestellt ist. Selbstverständlich kann auch die Rasteranordnung von Figur 4 als weiteres polarisationsbeeinflussendes optisches Element 17 verwendet werden. Die Hauptachsen von einander zugeordneten Halbwellenplatten sollten dabei jeweils in die gleiche Richtung weisen, da die Hintereinanderschaltung von zwei gleich orientierten Halbwellenplatten eine Einwellenplatte (λ -Platte) ergibt und damit der ursprüngliche Polarisationszustand wieder hergestellt wird.

In Figur 6 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein Beleuchtungssystem 601 dargestellt.

Im Unterschied zum Beleuchtungssystem 1 der Figur 1 sind in diesem Fall die

polarisationsbeeinflussenden optischen Element 615 und 617 optisch nahtlos mit den

Axikonelementen 605 und 607 verbunden. Dies ist beispielsweise durch Ansprengen

5 möglich. Die den Elementen von Figur 1 entsprechenden Elemente in Figur 6 haben die

gleichen Bezugszeichen wie in Figur 1 vermehrt um die Zahl 600. Für eine Beschreibung

dieser Elemente wird auf die Beschreibung von Figur 1 verwiesen. Durch das Ansprengen

der polarisationsbeeinflussenden optischen Elemente an die Axikonelemente 605 und 607

können Grenzflächen eingespart werden. Außerdem ist diese Anordnung günstig, wenn als

10 Material für die Halbwellenplatten Magnesiumfluorid verwendet wird, welches bei

Wellenlängen im tiefen UV-Bereich nur eine geringe Dicke aufweist, um die $\lambda/2$ -Wirkung

zu erzeugen. Da eine Halbwellenplatte für 157 nm aus Magnesiumfluorid nur wenige μm

bis 1mm Dicke aufweist, kann das Problem der stabilen Lagerung durch Ansprengen an die

Axikonelemente gelöst werden.

15

Möchte man mit dem Axikon-Modul 3, bzw. 603 keine anulare Beleuchtungsverteilung

erzeugen, sondern eine Multipolbeleuchtung, so weisen die Axikonflächen 11 und 13, bzw.

611 und 613 eine pyramidale Form auf. Zur Erzeugung einer Quadropol-Beleuchtung

bestehen die Axikonflächen aus 4 pyramidal angeordneten planen Segmenten. Der

20 Neigungswinkel der Segmente zur optischen Achse OA beträgt wiederum 60° . Als

Material für die Axikonelemente kann Kalzium-Fluorid zum Einsatz kommen.

Figur 7 zeigt nun eine zweite Ausführungsform für ein polarisationsbeeinflussendes

optisches Element, wie es in Verbindung mit pyramidenförmigen Axikonelementen zum

25 Einsatz kommt, welche entlang der x- und y-Achsen punktsymmetrisch zur optischen

Achse OA insgesamt 4 beleuchtete Bereiche erzeugen. Das polarisationsbeeinflussende

optische Element besteht in diesem Falle aus einer Rasteranordnung 725 von 4

Halbwellenplatten 727, welche entlang der y-, beziehungsweise der x-Achse angeordnet

sind. Die Hauptachsen 729 der Halbwellenplatten 727 sind dabei so orientiert, dass sie in

30 Richtung der Winkelhalbierenden zwischen der ursprünglich in y-Richtung orientierten E-

Feld-Vektoren und einer Richtung weisen, welche sich als Schnittlinie zwischen der Halbwellenplatte und einer Ebene ergibt, die senkrecht auf dem der betreffenden Halbwellenplatte zugeordneten Segment steht und die Richtung des maximalen Flächengradienten dieses Segments enthält.

5

Figur 8 zeigt die Polarisationsverteilung innerhalb des Strahlenbüschels 821 nach dem in Figur 7 dargestellten polarisationsbeeinflussenden Element. Die E-Feld-Vektoren 823 sind dabei jeweils parallel zur Einfallsebene der Strahlen auf den Axikonflächen orientiert. Da es sich um plane Segmente handelt, sind die Einfallsebenen für Strahlen, die auf das gleiche Segment treffen, parallel zueinander. Sie sind parallel zu einer Ebene, die senkrecht auf dem Segment steht und die Richtung des maximalen Flächengradienten dieses Segmentes enthält.

10

Um nach dem Axikon-Modul mit pyramidalen Axikonelementen wieder in y-Richtung polarisierte Strahlen zu erhalten, kann nach dem Axikon-Modul wieder die in Figur 7 dargestellte Rasteranordnung 725 als polarisationsbeeinflussendes optisches Element angeordnet werden.

15

Figur 9 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel für ein Beleuchtungssystem 901. Dargestellt ist das Axikon-Modul 903 zusammen mit den polarisationsbeeinflussenden optischen Elementen 915, 939 und 917. Die den Elementen von Figur 1 entsprechenden Elemente in Figur 9 haben die gleichen Bezugszeichen wie in Figur 1 vermehrt um die Zahl 900. Für eine Beschreibung dieser Elemente wird auf die Beschreibung zur Figur 1 verwiesen. Das Axikon-Modul 903 besteht in diesem Fall aus den Axikonelementen 905 und 907 mit den konischen Axikonflächen 911 und 913, sowie den Axikonelementen 931 und 933 mit den pyramidalen Axikonflächen 935 und 937. Mit diesem Axikon-Modul 903, wie es mit ähnlichem Aufbau in Figur 8 der EP 0 949 541 beschrieben ist, lässt sich wahlweise eine variable anulare Beleuchtung und/oder eine variable Multipol-Beleuchtung erzeugen. Auch in diesem Fall sollen die Strahlen 919 bevor sie auf das polarisationsbeeinflussende optische Element 915 treffen, in y-Richtung linear polarisiert sein, wie dies in Figur 3

20

25

30

dargestellt ist. Das polarisationsbeeinflussende optische Element 915 besteht aus einer Rasteranordnung von Halbwellenplatten, wie sie in Figur 4 dargestellt ist. Dadurch werden die Strahlen 919 wie in Figur 5 dargestellt radial polarisiert und treten mit minimalen Reflexionsverlusten durch die konischen Axikonelemente 905 und 907. Ein

- 5 Ausführungsbeispiel für das polarisationsbeeinflussende optische Element 939 ist in Figur 10 dargestellt. Das polarisationsbeeinflussende Element 939 besteht dabei aus einer Rasteranordnung 1025 aus einzelnen Halbwellenplatten 1027. Die Hauptachsen 1029 der einzelnen Halbwellenplatten 1027 sind dabei so orientiert, dass sie in Richtung der Winkelhalbierenden zwischen den radial orientierten E-Feld-Vektoren der Strahlen 919
- 10 und der durch die pyramidale Form der Axikonflächen 935 und 937 vorgegebenen Verteilung der E-Feld-Vektoren weisen. Die Verteilung der E-Feld-Vektoren nach dem polarisationsbeeinflussenden optischen Element 939 ist beispielsweise in Figur 8 dargestellt. Damit sind die Strahlen 919 jeweils parallel zur Einfallsebene linear polarisiert, wenn sie auf die pyramidalen Axikonflächen 935 und 937 treffen. Das
- 15 polarisationsbeeinflussende optische Element 917 erzeugt schließlich wieder eine in y-Richtung orientierte lineare Polarisationsverteilung. Dabei besteht das polarisationsbeeinflussende optische Element 917 beispielsweise aus einer Rasteranordnung von 4 Halbwellenplatten, wie sie in Figur 7 dargestellt ist. Es ist somit selbst bei einer Hintereinanderschaltung von konischen und pyramidalen Axikonelementen
- 20 möglich, den Polarisationszustand von Strahlen ohne Intensitätseinbuße zu erhalten.

- Sind die Strahlen 19, bzw. 619 oder 919 zirkular polarisiert, so weist das polarisationsbeeinflussende optische Element 15, beziehungsweise 615 oder 915 eine Viertelwellenplatte auf, die in Lichtrichtung vor der Rasteranordnung aus
- 25 Halbwellenplatten angeordnet ist. Die Hauptachse der Viertelwellenplatte steht dabei unter 45° zur y-Richtung. Dadurch werden aus den zirkular polarisierten Strahlen in y-Richtung linear polarisierte Strahlen erzeugt, deren Polarisationszustand durch die Rasteranordnungen aus Halbwellenplatten geeignet beeinflusst wird.

Ist im Anschluß an das Axikon-Modul 3, bzw. 603 oder 903 zirkular polarisiertes Licht gewünscht, so weist das polarisationsbeeinflussende optische Element 17, beziehungsweise 617 oder 917 eine Viertelwellenplatte auf, die in Lichtrichtung nach der Rasteranordnung aus Halbwellenplatten angeordnet ist. Die Hauptachse der Viertelwellenplatte steht dabei
5 unter 45° zur y-Richtung. Dadurch werden aus den in y-Richtung linear polarisierten Strahlen zirkular polarisierte Strahlen erzeugt.

Figur 11 zeigt in schematischer Darstellung eine Mikrolithographie-

Projektionsbelichtungsanlage 1100 mit der Lichtquelleneinheit 1101, dem

10 Beleuchtungssystem 1143, der Struktur tragenden Maske 1129, dem Projektionsobjektiv 1131 und dem zu belichtenden Substrat 1141. Die Lichtquelleneinheit 1101 umfasst als

Lichtquelle einen DUV- oder VUV-Laser, beispielsweise ein ArF-Laser für 193 nm, ein F₂-Laser für 157 nm, ein Ar₂-Laser für 126 nm oder ein Ne₂-Laser für 109 nm, und eine Strahlformungsoptik, welche ein paralleles Lichtbündel erzeugt. Die Strahlen des

15 Lichtbündels sind parallel zur y-Richtung, welche senkrecht auf der optischen Achse OA steht, linear polarisiert. Das Beleuchtungssystem 1143 umfasst die Komponenten 1103 bis 1128. Der prinzipielle Aufbau des Beleuchtungssystems 1143 ist in DE 195 29 563 (US 6,258,443) beschrieben. Das parallele Lichtbündel trifft auf das Divergenz erhöhende optische Element 1103. Als Divergenz erhöhendes optisches Element 1103 kann

20 beispielsweise eine Rasterplatte aus diffraktiven oder refraktiven Rasterelementen eingesetzt werden. Jedes Rasterelement erzeugt ein Strahlenbündel, dessen

Winkelverteilung durch Ausdehnung und Brennweite des Rasterelementes bestimmt ist.

Die Rasterplatte befindet sich in der Objektebene eines nachfolgenden Objektivs 1105

oder in deren Nähe. Das Objektiv 1105 ist ein Zoom-Objektiv, welches ein paralleles

25 Lichtbündel mit variablem Durchmesser erzeugt. Das parallele Lichtbündel wird durch den Umlenkspiegel 1107, welcher um die x-Achse gekippt ist, auf eine optische Einheit 1109 gerichtet. Durch den Umlenkspiegel bleibt die Richtung der x-Achse erhalten,

während die y-Achse weiterhin senkrecht auf der optischen Achse OA steht. Die optische Einheit 1109 besteht aus einem Axikon-Modul und geeignet angepassten

30 polarisationsbeeinflussenden Elementen. Die optische Einheit 1109 ist aus Figur 9 bekannt.

Zur näheren Erläuterung wird auf die Beschreibung von Figur 9 verwiesen. Das Zoom-Objektiv 1105 und die optische Einheit 1109 erzeugen in der Blendenebene 1111 wahlweise bei zugefahrenen Axikonelementen je nach Zustand des Zoom-Objektives 1105 eine konventionelle Beleuchtung mit kleinem oder großem Beleuchtungsdurchmesser. Die Außenform der Beleuchtung hängt von der Form der Rasterelemente des Divergenz erhöhenden optischen Elementes 1103 ab. Durch Auseinanderfahren der Axikonelemente der optischen Einheit 1109 kann eine anulare oder eine Multipolbeleuchtung erzeugt werden, je nachdem welche Axikonelemente bewegt werden. Durch die entsprechend angepassten polarisationsbeeinflussenden Elementen in der optischen Einheit 1109 ist das Licht in der Blendenebene 1111 linear in y-Richtung polarisiert. Alternativ kann auch die aus Figur 1 oder 6 bekannte optische Einheit verwendet werden. Nach der Blendenebene 1111 folgt ein weiteres Divergenz erhöhendes optisches Element 1113, welches beispielsweise eine Rasterplatte aus diffraktiven oder refraktiven Rasterelementen ist. Die von den Rasterelementen erzeugte Winkelverteilung ist dabei an die Eintrittsfläche eines nachfolgenden Glasstabes 1117 angepasst. Die von dem Divergenz erhöhenden optischen Element 1113 erzeugte Winkelverteilung wird durch die Einkoppeloptik 1115 in eine Feldverteilung an der Eintrittsfläche des Glasstabes 1117 transformiert. Nach dem Glasstab 1117 folgt ein optisches Verzögerungssystem 1119, welches zwei orthogonal zueinander stehende Polarisationszustände vertauscht. Auf das optische Verzögerungssystem 1119 folgt ein weiterer Glasstab 1121, welcher die gleichen Abmessungen wie der Glasstab 1117 aufweist. Durch die Anordnung des optischen Verzögerungssystems zwischen den beiden Glasstäben wird erreicht, dass die Lichtstrahlen polarisationserhaltend durch die beiden Glasstäbe geführt werden. Ein derartiges optisches System ist in DE 103 11 809 (PCT/EP02/12446) näher beschrieben, deren Inhalt vollumfänglich in diese Anmeldung aufgenommen wird. Auf den Glasstab 1121 folgt ein Retikel-Maskierungssystem (REMA) 1123, welches durch ein REMA-Objektiv 1125 auf die Struktur tragende Maske (Retikel) 1129 abgebildet wird und dadurch den ausgeleuchteten Bereich auf dem Retikel 1129 begrenzt. Das REMA-Objektiv 1125 umfaßt einen Umlenkspiegel 1127, welcher um die x-Achse gekippt ist. Durch den Umlenkspiegel bleibt die Richtung der x-Achse erhalten, während die y-Achse weiterhin senkrecht auf der optischen Achse OA steht. Die vor dem

Retikel 1129 angeordnete Viertelwellenplatte 1128 erzeugt eine zirkulare
Polarisationsverteilung. Das Retikel 1129 wird mit dem katadioptrischen Objektiv 1131
auf den Wafer 1141 abgebildet. Das katadioptrische Objektiv 1131 umfasst einen
polarisationsoptischen Strahlteiler 1133, eine Viertelwellenplatte 1136, eine
5 Viertelwellenplatte 1137, einen Konkavspiegel 1135, einen Umlenkspiegel 1138, ein
polarisationsbeeinflussendes optisches Element 1138 zur Erzeugung von tangentialer
Polarisation und weitere optische Elemente. Katadioptrische Projektionsobjektive mit
polarisationsoptischem Strahlteiler sind beispielsweise aus EP 1 227 354 (US
2002/167737) oder US 6,522,483 bekannt. Die polarisationsoptische Strahlteilerschicht des
10 Strahlteilers 1133 sowie der Umlenkspiegel 1138 sind jeweils um die x-Achse gekippt. Die
Orientierung der x-Achse bleibt dadurch erhalten, während die y-Achse jeweils senkrecht
auf der optischen Achse OA steht. Ausführungsbeispiele für das
polarisationsbeeinflussendes optisches Element 1139 sind in DE 100 10 131 (US Ser. No.
09/797961) gegeben. Sowohl das Retikel 1129 als auch der Wafer 1141 weisen eine
15 geeignete Halteinrichtung auf, welche den Tausch der Elemente wie auch die scannende
Bewegung der Elemente zulässt.

Aus der Beschreibung der in Figur 11 dargestellte Mikrolithographie-
Projektionsbelichtungsanlage wird deutlich, dass diese eine Vielzahl von
20 polarisationsbeeinflussenden Elementen aufweist. Dazu gehören beispielsweise die
Umlenkspiegel 1107, 1127 und 1138. Für eine möglichst verlustfreie Reflektion an den
Umlenkspiegeln 1107, 1127 und 1138 ist es erforderlich, dass die Strahlen parallel zur
Einfallsebene, also jeweils in y-Richtung linear polarisiert sind. Andererseits weist das
Beleuchtungssystem in der optischen Einheit 1109 Axikonelemente auf, für die es günstig
25 ist, wenn die Polarisationsverteilung tangential oder radial zur optischen Achse orientiert
ist. Auch die Glasstäbe 1117 und 1121 können auf Grund von doppelbrechenden
Eigenschaften der Glasmaterialien den Polarisationszustand der Strahlen verändern. Damit
die Strahlen am Retikel nicht strukturabhängig gebeugt werden, ist es günstig, wenn die
Strahlen am Retikel zirkular polarisiert sind. Am polarisationsoptischen Strahlteiler 1133
30 muß die Polarisationsverteilung der Strahlen ebenfalls geeignet angepasst sein. So müssen

die Strahlen s-polarisiert sein, um reflektiert zu werden, und p-polarisiert sein, um transmittiert zu werden. Schließlich ist es für die lithographische Abbildung günstig, wenn die Strahlen, bevor sie in der Bildebene des Projektionsobjektivs zur Interferenz kommen, tangential polarisiert sind.

5

Die Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage 1100 weist nun zusätzliche polarisationsbeeinflussende optische Elemente auf, um die Polarisationsverteilung der Strahlen an die jeweiligen Anforderungen geeignet anzupassen. Die vorgestellten Mittel beeinflussen die Polarisationsverteilung der Strahlen dabei jeweils annähernd verlustfrei.

10

So wird zunächst die lineare Polarisationsrichtung der Lichtquelleneinheit 1101 derart orientiert, dass die Lichtstrahlen parallel zur y-Richtung linear polarisiert sind. Dadurch sind die Strahlen parallel zur jeweiligen Einfallsebene auf dem Umlenkspiegel 1107 polarisiert. Die polarisationsbeeinflussenden optischen Elemente in der optischen Einheit 1109 sind so angepasst, dass die Strahlen möglichst verlustfrei die Axikonelemente

15

passieren und anschließend in y-Richtung linear polarisiert auf die Blendenebene 1111

treffen. Zwischen den beiden Glasstäben 1117 und 1121 ist das optische

Verzögerungssystem 1119 angeordnet, welches dafür sorgt, dass die Strahlen am Ausgang des Glasstabes 1121 wieder in y-Richtung linear polarisiert sind. Dadurch treffen die

Lichtstrahlen wieder mit der idealen Polarisationsrichtung auf den Umlenkspiegel 1127. Da

20

die Strahlen auf Grund der Viertelwellenplatte 1128 zirkular polarisiert auf das Retikel 1129 treffen, werden die Strukturen des Retikels nahezu orientierungsunabhängig

abgebildet. Durch die Viertelwellenplatte 1136 werden die Strahlen bezüglich der

Strahlteilerfläche des polarisationsoptischen Strahlteilers 1133 s-polarisiert. Durch den

doppelten Durchtritt der Strahlen durch die Viertelwellenplatte 1137 sind die Strahlen p-

25

polarisiert, wenn sie das zweite Mal auf die Strahlteilerfläche des polarisationsoptischen Strahlteilers 1133 treffen und werden somit transmittiert. Schließlich wird mit der

polarisationsbeeinflussenden Einrichtung 1139 aus der linearen Polarisationsverteilung eine tangentiale Polarisationsverteilung erzeugt, um die Zweistrahlinterferenz zu

verbessern.

30

Patentansprüche:

1. Beleuchtungssystem (1, 601, 901, 1143) für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage (1100)
 - 5 • mit einem Axikon-Modul (3, 603, 903) zur Erzeugung einer Beleuchtungsverteilung mit einem zentralen Intensitätsminimum, wobei das Axikon-Modul ein erstes Axikonelement (5, 605, 905, 931) mit einer ersten Axikonfläche (11, 611, 911, 935) und ein dem ersten Axikonelement zugeordnetes zweites Axikonelement (7, 607, 907, 933) mit
10 einer zweiten Axikonfläche (13, 613, 913, 937) umfasst,
 - und mit einem ersten polarisationsbeeinflussenden optischen Element (15, 615, 915, 939),
dadurch gekennzeichnet,
dass das erste polarisationsbeeinflussende optische Element in Lichtrichtung vor dem
15 ersten Axikonelement angeordnet ist und derart aufgebaut ist, dass auf die Axikonflächen treffende Strahlen (19, 619, 919) annähernd senkrecht oder annähernd parallel zur jeweiligen Einfallsebene der Strahlen polarisiert sind.
 2. Beleuchtungssystem nach Anspruch 1, wobei die beiden Axikonflächen (11, 13; 611, 613; 911, 913) konisch zur Erzeugung einer annularen Beleuchtungsverteilung sind.
 - 20 3. Beleuchtungssystem nach Anspruch 2, wobei Strahlen nach dem ersten polarisationsbeeinflussenden optischen Element radial zu einer optischen Achse (OA) polarisiert sind.
 4. Beleuchtungssystem nach Anspruch 2, wobei Strahlen nach dem ersten polarisationsbeeinflussenden optischen Element tangential zu einer optischen Achse
25 polarisiert sind.
 5. Beleuchtungssystem nach Anspruch 1, wobei die beiden Axikonflächen (11, 13; 611, 613; 935, 937) jeweils aus mehreren pyramidal angeordneten Segmenten zur Erzeugung einer Multipol-Beleuchtung bestehen.

6. Beleuchtungssystem nach Anspruch 5, wobei Strahlen, die auf ein Segment treffen, parallel zu einer Ebene linear polarisiert sind, die senkrecht auf diesem Segment steht und die Richtung des maximalen Flächengradienten dieses Segments enthält.
7. Beleuchtungssystem nach Anspruch 5, wobei Strahlen, die auf ein Segment treffen,
5 senkrecht zu einer Ebene linear polarisiert sind, die senkrecht auf diesem Segment steht und die Richtung des maximalen Flächengradienten dieses Segments enthält.
8. Beleuchtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das erste polarisationsbeeinflussende optische Element eine erste Rasteranordnung (425, 725, 1025) aus Halbwellenplatten (427, 727, 1027) umfasst, deren Hauptachsen (429, 729,
10 1029) derart orientiert sind, dass auf die Axikonflächen treffende Strahlen annähernd senkrecht oder annähernd parallel zur jeweiligen Einfallsebene der Strahlen polarisiert sind.
9. Beleuchtungssystem (601) nach Anspruch 8, wobei die erste Rasteranordnung (615, 915) optisch nahtlos an das erste Axikonelement (605, 905) gefügt, insbesondere
15 angesprengt ist.
10. Beleuchtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Strahlen vor dem ersten polarisationsbeeinflussenden optischen Element parallel zu einer Richtung linear polarisiert sind, welche senkrecht auf einer optischen Achse (OA) steht.
11. Beleuchtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Strahlen vor dem
20 ersten polarisationsbeeinflussenden optischen Element zirkular polarisiert sind.
12. Beleuchtungssystem nach Anspruch 8 oder 9 und Anspruch 11, wobei das erste polarisationsbeeinflussende optische Element eine Viertelwellenplatte umfasst, welche in Lichtrichtung vor der Rasteranordnung aus Halbwellenplatten angeordnet ist.
- 25 13. Beleuchtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei in Lichtrichtung nach dem Axikon-Modul ein zweites polarisationsbeeinflussendes Element (17, 617, 917) angeordnet ist und derart aufgebaut ist, dass die Strahlen in Lichtrichtung nach dem zweiten polarisationsbeeinflussenden Element eine vorgegebene Polarisationsverteilung aufweisen.

14. Beleuchtungssystem nach Anspruch 14, wobei das zweite polarisationsbeeinflussende optische Element eine zweite Rasteranordnung (425, 725, 1025) aus Halbwellenplatten (427, 727, 1027) umfasst, deren Hauptachsen (429, 729, 1029) derart orientiert sind, dass die vorgegebene Polarisationsverteilung erzeugt wird.
15. Beleuchtungssystem nach Anspruch 14, wobei die zweite Rasteranordnung (617, 917) nahtlos an das zweite Axikonelement (607, 933) gefügt, insbesondere angesprengt ist.
16. Beleuchtungssystem nach einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei die Strahlen in Lichtrichtung nach dem zweiten polarisationsbeeinflussenden Element parallel zu einer zu einer optischen Achse (OA) senkrecht stehenden Richtung linear polarisiert sind.
17. Beleuchtungssystem nach einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei die Strahlen in Lichtrichtung nach dem zweiten polarisationsbeeinflussenden Element zirkular polarisiert sind.
18. Beleuchtungssystem nach Anspruch 14 oder 15 und Anspruch 17, wobei das zweite polarisationsbeeinflussende optische Element eine Viertelwellenplatte umfasst, welche in Lichtrichtung nach der Rasteranordnung aus Halbwellenplatten angeordnet ist.
19. Beleuchtungssystem nach einem der Ansprüche 13 bis 18, wobei für jeden Strahl der Polarisationszustand in Lichtrichtung nach dem zweiten polarisationsbeeinflussenden Element annähernd der gleiche ist wie in Lichtrichtung vor dem ersten polarisationsbeeinflussenden Element.
20. Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage (1100), umfassend ein Beleuchtungssystem (1143) nach einem der Ansprüche 1 bis 19 zum Beleuchten einer Struktur tragenden Maske (1129), und ein Objektiv (1131), das die Struktur tragende Maske (1129) auf ein lichtempfindliches Substrat (1141) abbildet.
21. Verfahren zur Herstellung von Halbleiter-Bauelementen mit einer Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage (1100) nach Anspruch 20.

1/11

FIG.1

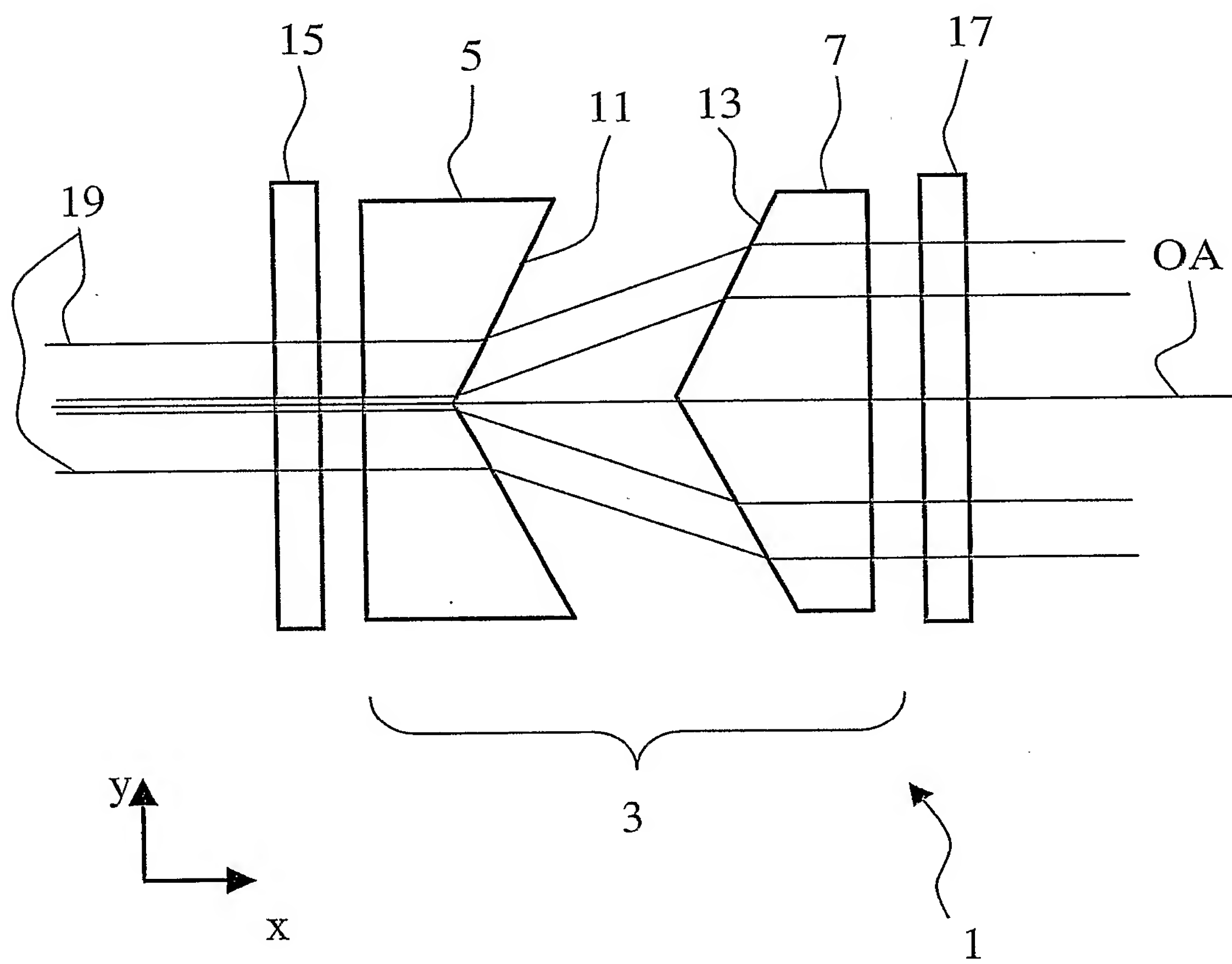


FIG.2

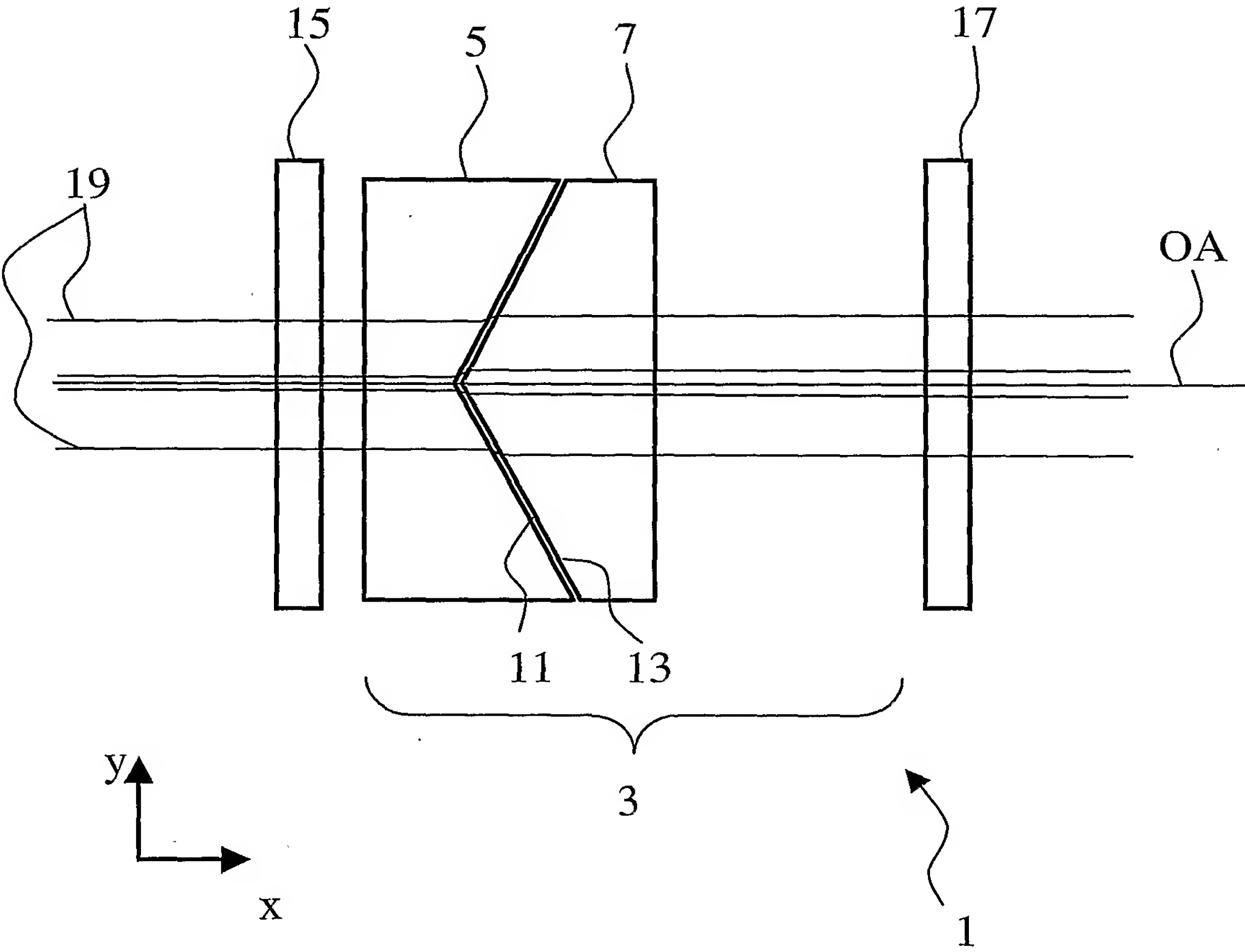


FIG.3

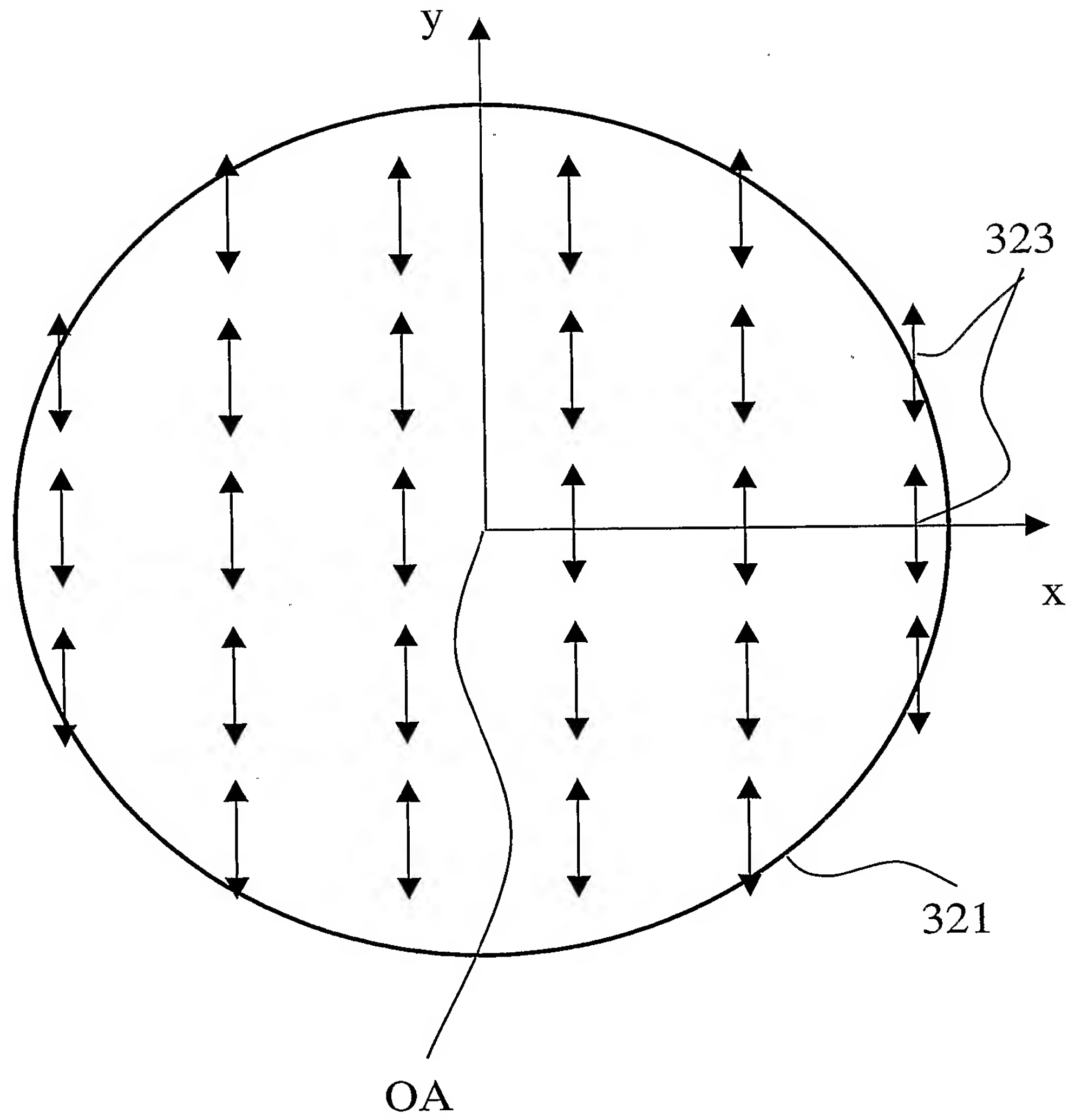


FIG.4

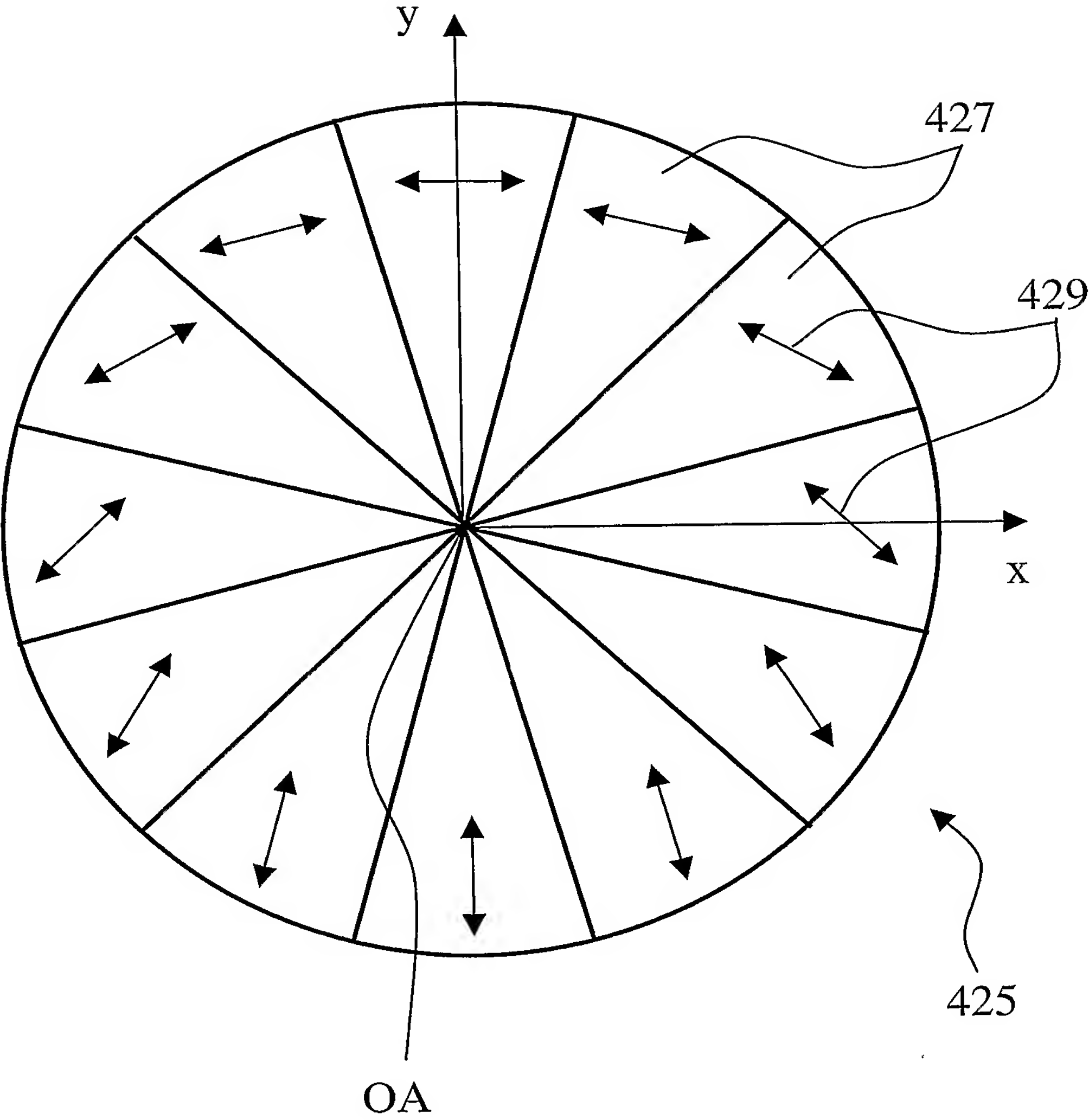
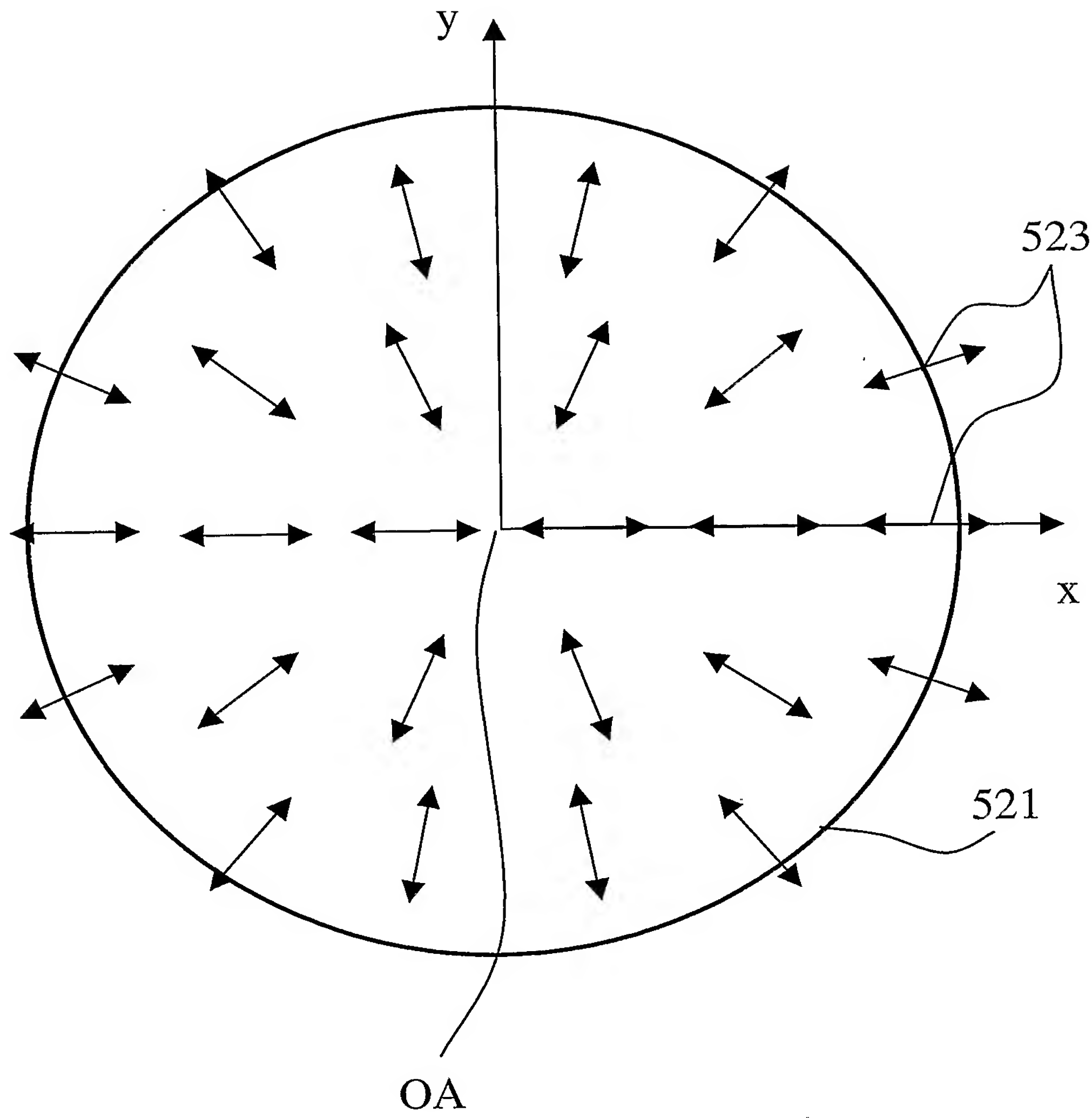


FIG.5



6/11

FIG.6

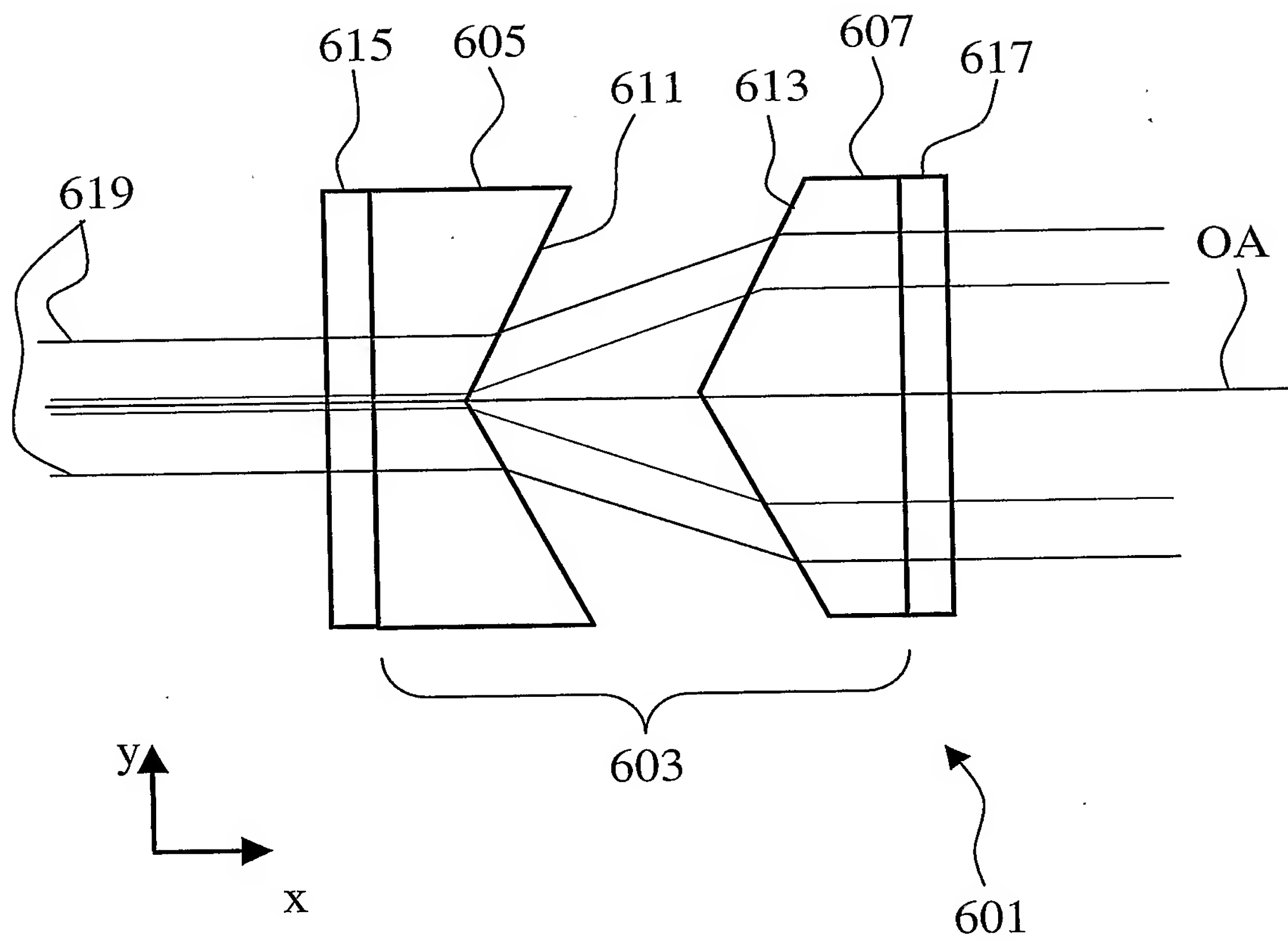


FIG.7

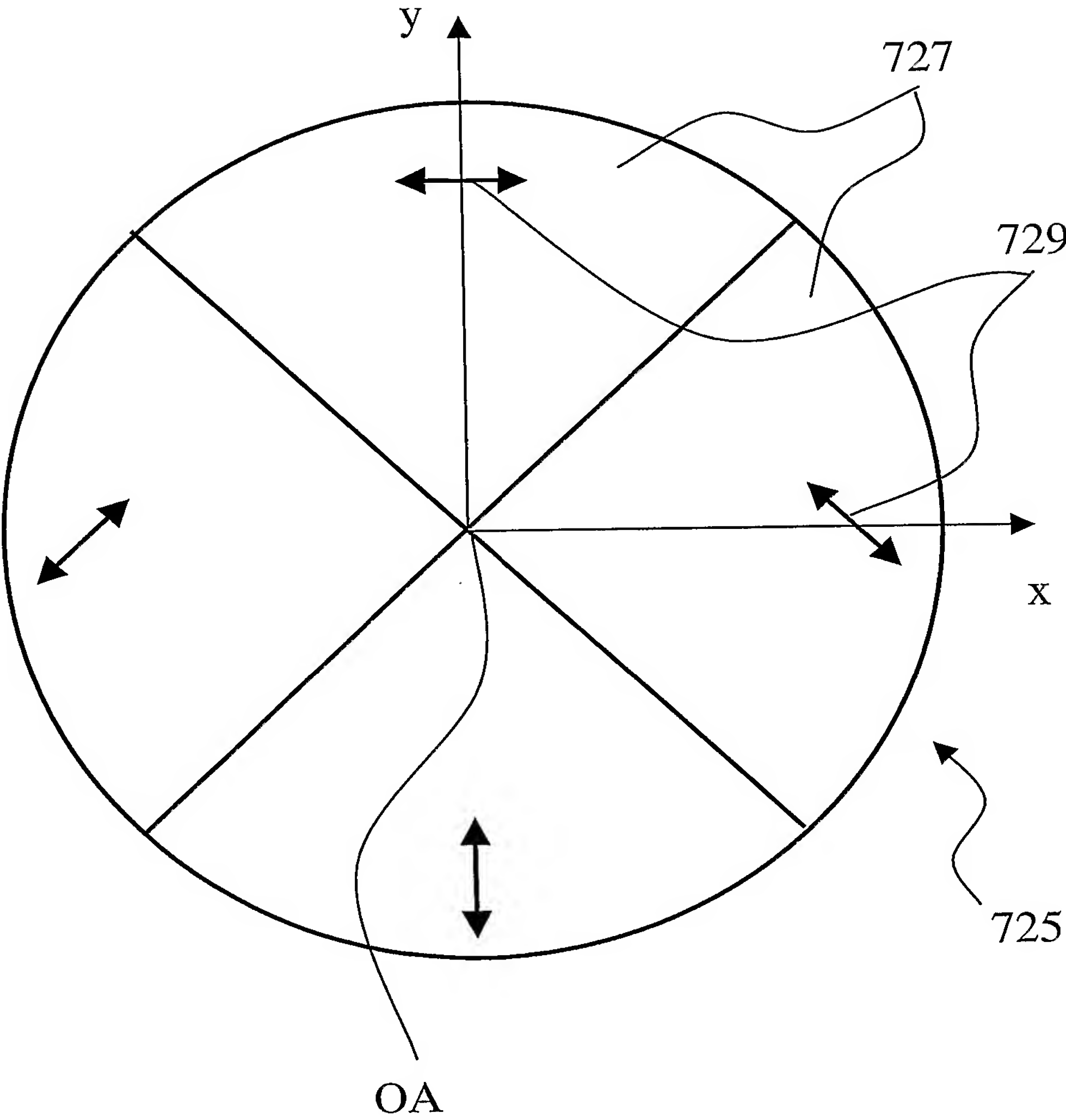


FIG.8

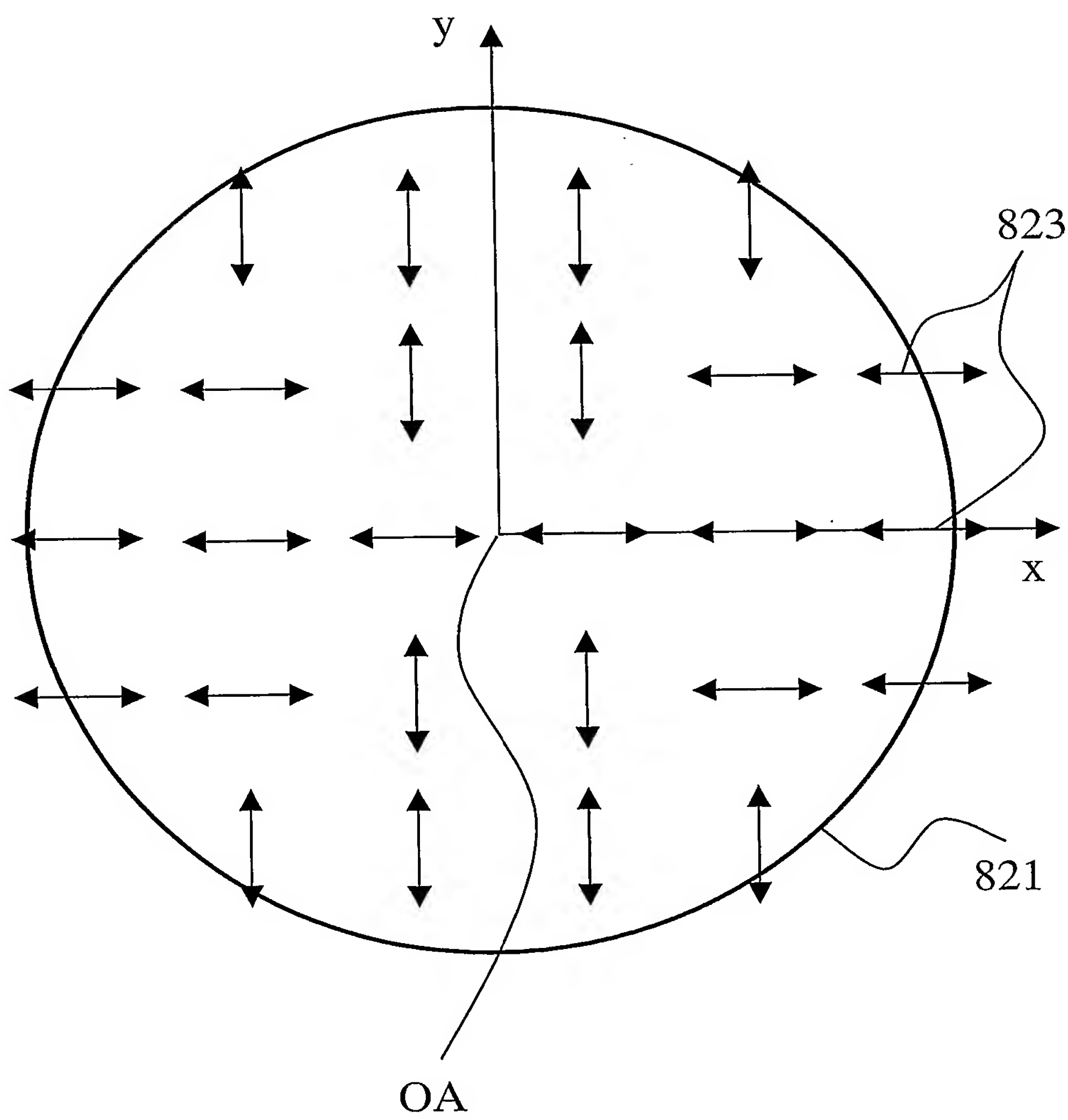


FIG. 9

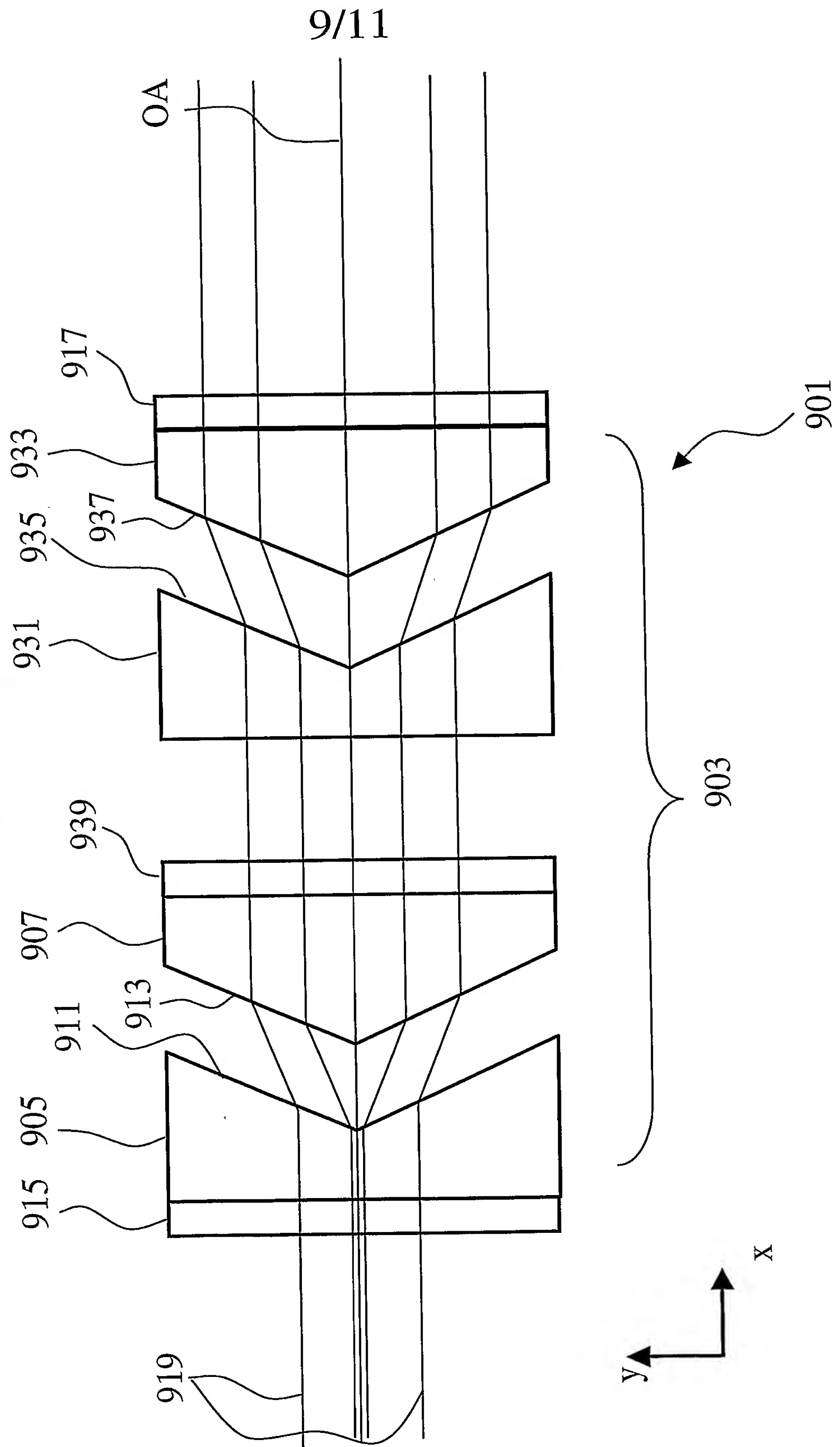
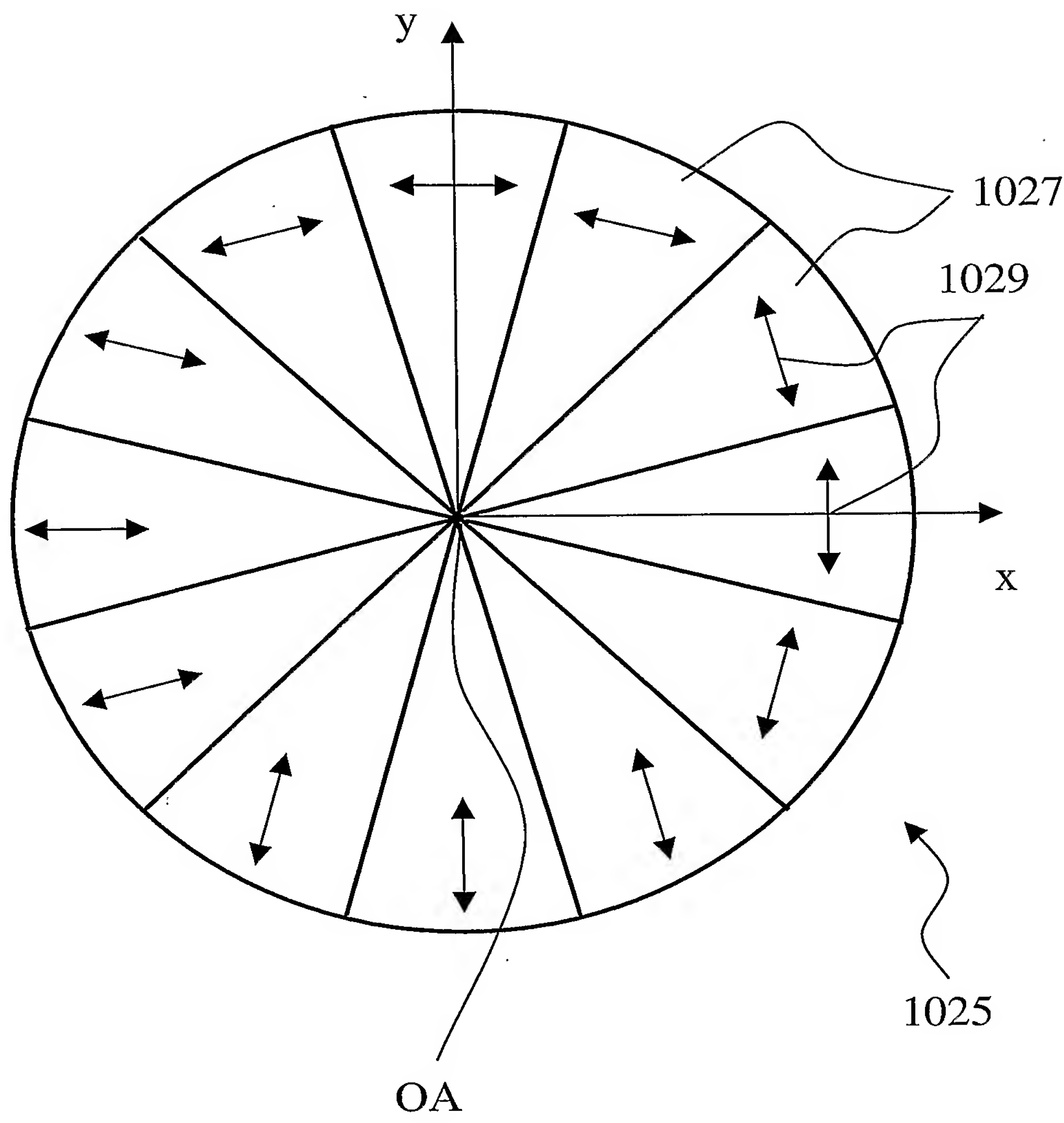


FIG.10



(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. November 2004 (25.11.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/102273 A3

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G03F 7/20

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/004004

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. April 2004 (16.04.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 21 598.0 13. Mai 2003 (13.05.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): CARL ZEISS SMT AG [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse
22, 73447 Oberkochen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHULTZ, Jörg
[DE/DE]; Bohlstrasse 29, 73430 Aalen (DE).

(74) Anwalt: SCHULTZ, Jörg; Carl Zeiss Patentabteilung,
73446 Oberkochen (DE).

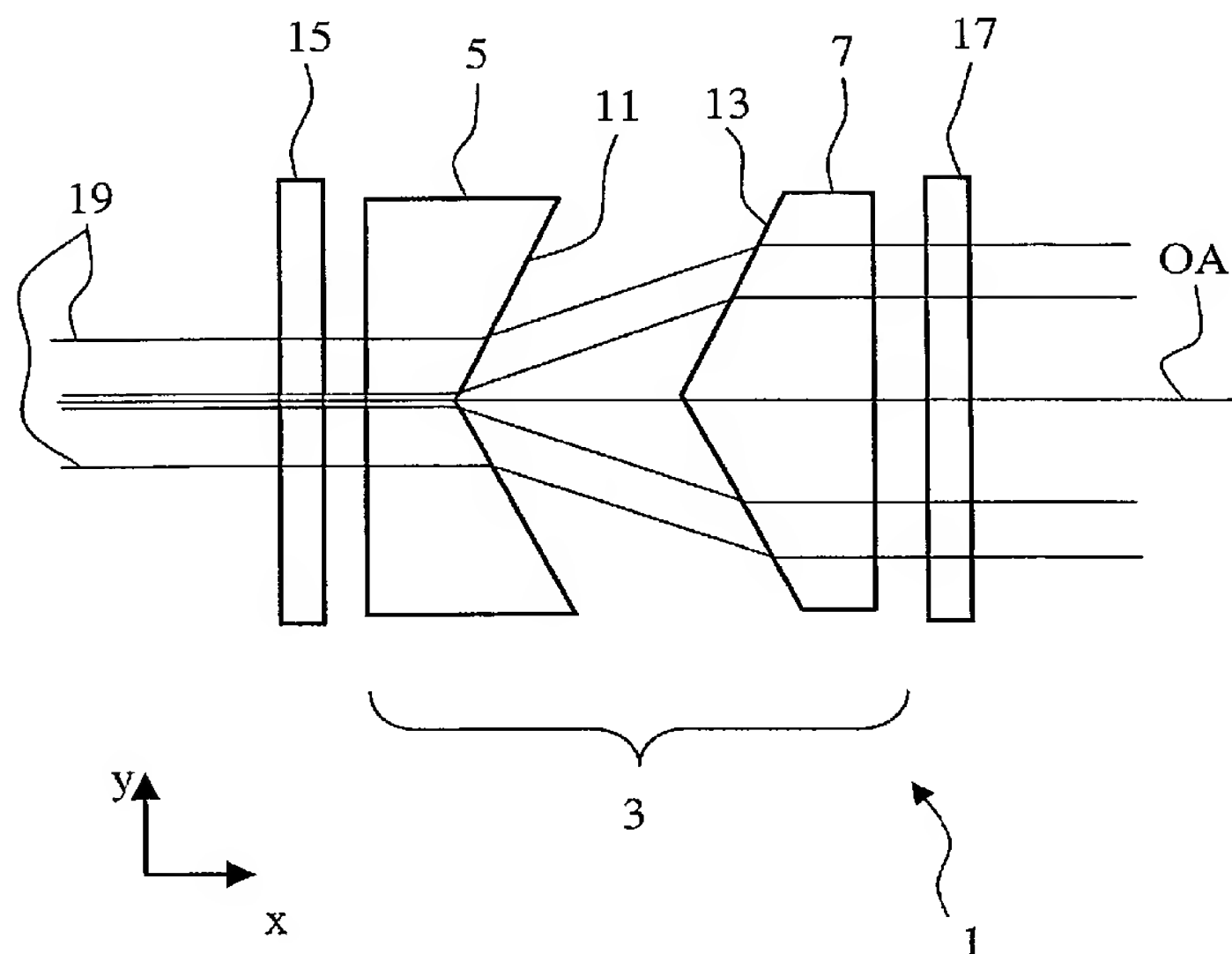
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LIGHTING SYSTEM COMPRISING AN AXICON MODULE

(54) Bezeichnung: BELEUCHTUNGSSYSTEM MIT AXIKON-MODUL



(57) Abstract: Disclosed is a lighting system (1) for a microlithographic projection exposure system, comprising an axicon module (3) for creating a lighting distribution having a central minimum intensity. The axicon module (3) is provided with a first axicon element (5) encompassing a first axicon surface (11), and a second axicon element (7) that is assigned to the first axicon element (5) and encompasses a second axicon surface (13). The inventive lighting system (1) also comprises a first polarization-influencing optical element (15) that is located upstream of the first axicon element (5) in the direction of the light and is designed such that beams (19) that hit the axicon surfaces (11, 13) are polarized approximately vertical or approximately parallel to the respective plane of incidence of the beams (19).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/102273 A3



EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen
Recherchenberichts:

24. Februar 2005

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Beleuchtungssystem (1) für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage mit einem Axikon-Modul (3) zur Erzeugung einer Beleuchtungsverteilung mit einem zentralen Intensitätsminimum. Das Axikon-Modul (3) weist ein erstes Axikonelement (5) mit einer ersten Axikonfläche (11) und ein dem ersten Axikonelement (5) zugeordnetes zweites Axikonelement (7) mit einer zweiten Axikonfläche (13) auf. Das Beleuchtungssystem (1) weist weiterhin ein erstes polarisationsbeeinflussendes optisches Element (15) auf, welches in Lichtrichtung vor dem ersten Axikonelement (5) angeordnet ist und derart aufgebaut ist, dass auf die Axikonflächen (11, 13) treffende Strahlen (19) annähernd senkrecht oder annähernd parallel zur jeweiligen Einfallsebene der Strahlen (19) polarisiert sind.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/004004

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G03F G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 00/70660 A (NISHI KENJI ; TANITSU OSAMU (JP); NAKAMURA KYOJI (JP); NIPPON KOGAKU K) 23 November 2000 (2000-11-23)	1,2,5, 10,11, 13,17, 19-21
Y		3,4,8,9, 12, 14-16,18
P,X	figures 1,2,3a-d,4a-d - & US 6 597 430 B1 (NISHI KENJI ET AL) 22 July 2003 (2003-07-22)	1,2,5, 10,11, 13,17, 19-21
P,Y	column 13, lines 15-35 column 14, line 60 - column 18, line 15; figures 1,2,3a-d,4a-d ----- -/--	3,4,8,9, 12, 14-16,18

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 December 2004

Date of mailing of the international search report

17/01/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Eisner, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/004004

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/109827 A1 (NISHI KENJI) 15 August 2002 (2002-08-15) paragraphs '0116! - '0123!; figure 5 -----	1,2,20, 21
Y	DE 195 35 392 A (ZEISS CARL FA) 27 March 1997 (1997-03-27) cited in the application column 3, line 57 - column 7, line 13; figures 1a-b,3b,4a-d -----	8,9,12, 14-16,18
Y	DE 35 23 641 C (MAX PLANCK GESELLSCHAFT) 18 December 1986 (1986-12-18) column 3, line 27 - column 5, line 31; figures 1-3 -----	3,4
P,X	EP 1 367 446 A (ASML NETHERLANDS BV) 3 December 2003 (2003-12-03) paragraphs '0033!, '0034!, '0047! - '0061!; figures 2,8-10 -----	1,20,21
A	DE 198 29 612 A (ZEISS CARL FA) 5 January 2000 (2000-01-05) column 2, line 49 - column 4, line 32; figure 4 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/004004

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 0070660	A	23-11-2000	AU	3193800 A		05-12-2000
			WO	0070660 A1		23-11-2000
			US	6597430 B1		22-07-2003

US 6597430	B1	22-07-2003	AU	3193800 A		05-12-2000
			WO	0070660 A1		23-11-2000

US 2002109827	A1	15-08-2002	JP	9326343 A		16-12-1997
			JP	9326344 A		16-12-1997
			US	6396568 B1		28-05-2002
			DE	69730903 D1		04-11-2004
			EP	0811881 A2		10-12-1997
			US	5994006 A		30-11-1999

DE 19535392	A	27-03-1997	DE	19535392 A1		27-03-1997
			DE	59610745 D1		06-11-2003
			EP	1343051 A1		10-09-2003
			EP	0764858 A2		26-03-1997
			JP	9184918 A		15-07-1997
			US	2002126380 A1		12-09-2002
			US	6191880 B1		20-02-2001
			US	2001012154 A1		09-08-2001

DE 3523641	C	18-12-1986	DE	3523641 C1		18-12-1986
			JP	63014004 A		21-01-1988
			US	4755027 A		05-07-1988

EP 1367446	A	03-12-2003	EP	1367446 A1		03-12-2003
			CN	1461974 A		17-12-2003
			JP	2004088075 A		18-03-2004
			US	2004012764 A1		22-01-2004

DE 19829612	A	05-01-2000	DE	19829612 A1		05-01-2000
			DE	59903101 D1		21-11-2002
			WO	0002092 A1		13-01-2000
			EP	1092175 A1		18-04-2001
			JP	2002520810 T		09-07-2002
			TW	484036 B		21-04-2002
			US	6535273 B1		18-03-2003

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/004004

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G03F7/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G03F G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 00/70660 A (NISHI KENJI ; TANITSU OSAMU (JP); NAKAMURA KYOJI (JP); NIPPON KOGAKU K) 23. November 2000 (2000-11-23)	1,2,5, 10,11, 13,17, 19-21
Y		3,4,8,9, 12, 14-16,18
P,X	Abbildungen 1,2,3a-d,4a-d -& US 6 597 430 B1 (NISHI KENJI ET AL) 22. Juli 2003 (2003-07-22)	1,2,5, 10,11, 13,17, 19-21
P,Y		3,4,8,9, 12, 14-16,18
	Spalte 13, Zeilen 15-35 Spalte 14, Zeile 60 - Spalte 18, Zeile 15; Abbildungen 1,2,3a-d,4a-d ----- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. Dezember 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/01/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Eisner, K

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/004004

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/109827 A1 (NISHI KENJI) 15. August 2002 (2002-08-15) Absätze '0116! - '0123!; Abbildung 5 -----	1,2,20, 21
Y	DE 195 35 392 A (ZEISS CARL FA) 27. März 1997 (1997-03-27) in der Anmeldung erwähnt Spalte 3, Zeile 57 - Spalte 7, Zeile 13; Abbildungen 1a-b,3b,4a-d -----	8,9,12, 14-16,18
Y	DE 35 23 641 C (MAX PLANCK GESELLSCHAFT) 18. Dezember 1986 (1986-12-18) Spalte 3, Zeile 27 - Spalte 5, Zeile 31; Abbildungen 1-3 -----	3,4
P,X	EP 1 367 446 A (ASML NETHERLANDS BV) 3. Dezember 2003 (2003-12-03) Absätze '0033!, '0034!, '0047! - '0061!; Abbildungen 2,8-10 -----	1,20,21
A	DE 198 29 612 A (ZEISS CARL FA) 5. Januar 2000 (2000-01-05) Spalte 2, Zeile 49 - Spalte 4, Zeile 32; Abbildung 4 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/004004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0070660 A	23-11-2000	AU 3193800 A WO 0070660 A1 US 6597430 B1	05-12-2000 23-11-2000 22-07-2003
US 6597430 B1	22-07-2003	AU 3193800 A WO 0070660 A1	05-12-2000 23-11-2000
US 2002109827 A1	15-08-2002	JP 9326343 A JP 9326344 A US 6396568 B1 DE 69730903 D1 EP 0811881 A2 US 5994006 A	16-12-1997 16-12-1997 28-05-2002 04-11-2004 10-12-1997 30-11-1999
DE 19535392 A	27-03-1997	DE 19535392 A1 DE 59610745 D1 EP 1343051 A1 EP 0764858 A2 JP 9184918 A US 2002126380 A1 US 6191880 B1 US 2001012154 A1	27-03-1997 06-11-2003 10-09-2003 26-03-1997 15-07-1997 12-09-2002 20-02-2001 09-08-2001
DE 3523641 C	18-12-1986	DE 3523641 C1 JP 63014004 A US 4755027 A	18-12-1986 21-01-1988 05-07-1988
EP 1367446 A	03-12-2003	EP 1367446 A1 CN 1461974 A JP 2004088075 A US 2004012764 A1	03-12-2003 17-12-2003 18-03-2004 22-01-2004
DE 19829612 A	05-01-2000	DE 19829612 A1 DE 59903101 D1 WO 0002092 A1 EP 1092175 A1 JP 2002520810 T TW 484036 B US 6535273 B1	05-01-2000 21-11-2002 13-01-2000 18-04-2001 09-07-2002 21-04-2002 18-03-2003